



Kernkraftwerk Grafenrheinfeld Stilllegung und Abbau

Sicherheitsbericht

INHALTSVERZEICHNIS

1. DAS VORHABEN IM ÜBERBLICK	8
1.1. Nichtleistungs-/ Nachbetrieb.....	9
1.2. Restbetrieb.....	10
1.3. Abbau von Anlagenteilen in der Abbauphase 1.....	13
1.4. Abbau von Anlagenteilen in der Abbauphase 2.....	14
1.5. Maßnahmen nach Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung.....	14
1.6. Errichtung und Betrieb eines Reststoffbehandlungszentrums (RBZ).....	14
1.7. Vorhandene und geplante Anlagen am Standort KKG.....	14
1.7.1. Standort-Zwischenlager (KKG-BELLA).....	14
1.7.2. Bereitstellungshalle (BeHa) für radioaktive Abfälle.....	15
1.8. Strahlenexposition in der Umgebung.....	15
1.9. Ereignisanalyse.....	17
2. STANDORT	18
2.1. Geografische Lage.....	18
2.2. Besiedelung.....	19
2.3. Boden- und Wassernutzung.....	20
2.4. Gewerbe- und Industriebetriebe, militärische Anlagen.....	21
2.5. Verkehrswege.....	21
2.6. Meteorologische Verhältnisse.....	23
2.7. Geologische Verhältnisse.....	23
2.8. Hydrologische Verhältnisse.....	24
2.8.1. Oberflächengewässer.....	24
2.8.2. Grundwasser.....	24
2.8.3. Trinkwassergewinnung.....	25
2.9. Seismische Verhältnisse.....	26
2.10. Radiologische Vorbelastung.....	26
3. DAS KKG	27
3.1. Beschreibung der Kraftwerksanlage.....	27
3.1.1. Funktion.....	27
3.1.2. Systemaufbau des Primärsystems.....	29
3.1.3. Gebäude und weitere Systeme.....	31
3.2. Systeme und Einrichtungen im Restbetrieb.....	35
3.2.1. BE-Kühlsysteme sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen.....	36
3.2.2. Überwachungs- und Schutzeinrichtungen.....	40
3.2.3. Sonstige/weitere Einrichtungen.....	42

3.3.	Radiologischer Zustand der Anlage zu Beginn der Stilllegung und des Abbaus	46
3.4.	Radiologische Charakterisierung.....	47
3.4.1.	Vorgehensweise.....	47
3.4.2.	Beprobungsmethoden.....	48
4.	ARBEITSBEREICHE, VERFAHREN, ABBAUEINRICHTUNGEN.....	51
4.1.	Arbeitsbereiche	51
4.1.1.	Allgemeines.....	51
4.1.2.	Reststoffbehandlungszentrum (RBZ)	52
4.1.3.	Zerlegeplätze	53
4.1.4.	Pufferlagerung	54
4.1.5.	Bereiche zur Dekontamination.....	54
4.1.6.	Bereiche zur Konditionierung	55
4.1.7.	Bereiche für Radioaktivitätsmessungen	55
4.1.8.	Transportwege	55
4.2.	Zerlege-, Dekontaminations- und Konditionierungsverfahren.....	56
4.2.1.	Zerlegeverfahren.....	56
4.2.2.	Dekontaminationsverfahren	58
4.2.3.	Konditionierungsverfahren	59
4.3.	Abbaueinrichtungen, Geräte, Werkzeuge	61
5.	DER ABBAU DES KKG.....	64
5.1.	Allgemeines.....	64
5.2.	Abbauphase 1	66
5.2.1.	Phasenabschnitte.....	66
5.2.2.	Schutzziele	68
5.2.3.	Abbauumfang in Abbauphase 1	70
5.3.	Abbauphase 2	78
5.3.1.	Schutzziele	78
5.3.2.	Abbauumfang in Abbauphase 2.....	78
6.	RESTSTOFFMANAGEMENT	83
6.1.	Stoffströme	83
6.2.	Freigabe	86
6.3.	Freigabe bei anderen Genehmigungsinhabern	88
6.4.	Kontrollierte Verwertung und direkte Wiederverwendung.....	88
6.5.	Herausbringen.....	88
6.6.	Herausgabe	89
6.7.	Radioaktive Abfälle	89
6.7.1.	Feste radioaktive Rohabfälle	90
6.7.2.	Flüssige radioaktive Rohabfälle	91
6.7.3.	Radioaktive Sonderabfälle.....	91
6.8.	Konventionelle Abfälle	92
7.	STRAHLENSCHUTZ.....	93

7.1. Aufgaben und Strahlenschutzbereiche	93
7.2. Strahlenschutzmaßnahmen und Überwachung	95
7.2.1. Arbeitsplatzüberwachung	95
7.2.2. Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung	95
7.2.3. Personenschutzmaßnahmen	96
7.2.4. Personenüberwachung	97
7.3. Aktivitätsrückhaltung	97
7.4. Ableitung radioaktiver Stoffe	98
7.4.1. Ableitung von radioaktiven Stoffen mit der Fortluft	98
7.4.2. Ableitung von radioaktiven Stoffen mit dem Abwasser	98
7.4.3. Emissionsüberwachung	99
7.4.4. Immissionsüberwachung	99
7.5. Strahlenexposition in der Umgebung	100
7.5.1. Grundsätzliches	100
7.5.2. Radiologische Vorbelastung	101
7.5.3. Ableitung mit der Fortluft	102
7.5.4. Ableitung mit dem Abwasser	103
7.5.5. Direktstrahlung	104
8. ORGANISATION UND BETRIEB	106
8.1. Aufbauorganisation	106
8.2. Regelungen zum Restbetrieb	107
8.3. Dokumentation	109
8.4. Qualitäts- und Sicherheitsmanagement	109
8.5. Erhalt der Fachkunde während der Stilllegung und des Abbaus	111
9. EREIGNISANALYSE	112
9.1. Allgemeines	112
9.2. Aktivitätsinventar der abzubauenden Anlage	112
9.3. Zu betrachtende Ereignisse	113
9.4. Ereignisse durch Einwirkung von innen	115
9.4.1. Lagerung und Handhabung bestrahlter BE und Sonderbrennstäbe	115
9.4.2. Anlageninterne Überflutungen und Leckagen	117
9.4.3. Ausfall und Störungen von Hilfs- und Versorgungseinrichtungen	118
9.4.4. Anlageninterne Brände und Explosionen	120
9.4.5. Mechanische Einwirkungen	123
9.4.6. Chemische Einwirkungen	127
9.4.7. Elektromagnetische Einwirkungen	127
9.5. Einwirkungen von außen	128
9.5.1. Naturbedingte Einwirkungen	128
9.5.2. Zivilisatorische Einwirkungen	129
9.6. Zusammenfassung	131
10. AUSWIRKUNGEN AUF DIE IN § 1A ATVFV GENANNTE SCHUTZGÜTER	132

11. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	133
12. QUELLENVERZEICHNIS	141
13. ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	143
14. TABELLENVERZEICHNIS	145

Abkürzungsverzeichnis

ALARA	as low as reasonably achievable
AtG	Atomgesetz, /1.2/
AtVfV	Atomrechtliche Verfahrensverordnung, /1.3/
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
BE	Brennelement
BeHa	Bereitstellungshalle für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (geplant)
BHB	Betriebshandbuch
Bq	Becquerel
DE	Dampferzeuger
EKK	E.ON Kernkraft GmbH
EMS	Europäische Makroseismische Skala
ESK	Entsorgungskommission
EVA	Einwirkungen von außen
EVI	Einwirkungen von innen
FSD	Full System Decontamination; vollständige Dekontamination des Primärkreislaufs
GGVSEB	Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnengewässer, /6.1/
KKG-BELLA	Zwischenlager Grafenrheinfeld (Standortzwischenlager für abgebrannte BE)
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
Mg	Megagramm (1000 kg)
MSK	Medvedev-Sponheuer-Karnik-Skala
mSv	Ein Tausendstel Sievert (0,001 Sv)
MWh	Megawattstunde

NN	Normal-Null
PDCA	Plan-Do-Check-Act
RBZ	Reststoffbehandlungszentrum
RDB	Reaktordruckbehälter
REI	Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, /7.1/
RG	Reaktorgebäude
SEWD	Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung, /1.1/
Sv	Sievert
UKG	Unteres Kerngerüst
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchung

1. Das Vorhaben im Überblick

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG) ist ein Druckwasserreaktor des Herstellers KWU (Kraftwerk Union) der Baulinie 3 (Vor-Konvoi) und ging 1982 in den kommerziellen Leistungsbetrieb. In der Betriebszeit, bis zum 27. Juni 2015, wurden mehr als 333 Mio. MWh Strom (brutto) produziert. Betreiber der Anlage ist die E.ON Kernkraft GmbH, im Folgenden kurz als EKK bezeichnet.

Mit Inkrafttreten der 13. Novelle des Atomgesetzes (AtG) vom 06.08.2011 /1.2/ wurde für das KKG aufgrund § 7 Abs. 1a S.1 Nr. 2 AtG die Berechtigung zum Leistungsbetrieb bis spätestens 31.12.2015 begrenzt. Aus wirtschaftlichen Gründen hat sich die EKK entschieden, das Kraftwerk bereits Ende Juni 2015 vom Netz zu nehmen.

EKK plant – vorbehaltlich des Ausgangs der gegen die 13. Atomgesetznovelle gerichteten Verfassungsbeschwerde – die Stilllegung und den Abbau des KKG. Die Stilllegung des Kernkraftwerks und dessen Abbau bedürfen gemäß § 7 Abs. 3 AtG einer Genehmigung. Diese wurde am 28.03.2014 beantragt.

Es ist seitens der EKK beabsichtigt, das KKG im direkten Abbau abzubauen. Dabei wird davon ausgegangen, dass zu Beginn der Abbauarbeiten noch nicht alle bestrahlten Brennelemente aus der Anlage entfernt sind. Die Abbauarbeiten werden unter Einhaltung der Rückwirkungsfreiheit auf die für die Lagerung und Handhabung der Brennelemente einzuhaltenden Schutzziele „Kontrolle der Reaktivität“, „Kühlung der Brennelemente“ und auf das generell zu gewährleistende Schutzziel „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ und das Sicherheitsziel „Begrenzung der Strahlenexposition“ durchgeführt.

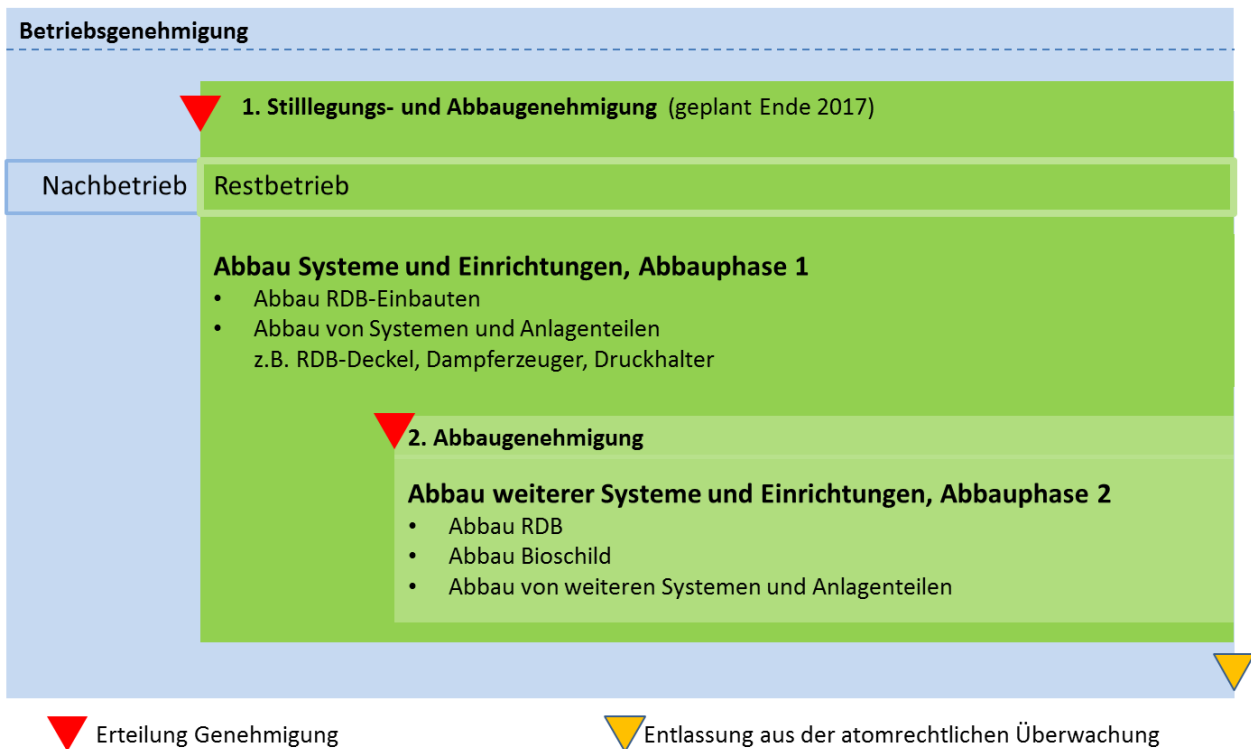
Im Folgenden wird hierfür übergeordnet der Begriff Schutzziele verwendet.

Der Abbau soll in zwei Phasen erfolgen, deren atomrechtliche Genehmigungen jeweils gesondert nach § 7 Abs. 3 AtG beantragt werden (Abbildung 1.1) und die sich zeitlich überlagern.

Im vorliegenden Sicherheitsbericht sind die Stilllegung und der gesamte Ablauf des Abbaus beschrieben, so dass das Vorhaben und seine potenziellen Auswirkungen insgesamt eingeschätzt werden können (Abbildung 1.1).

Der Sicherheitsbericht enthält Angaben gem. § 3 Abs. 1 Nr. 8 u. 9 und Abs. 2 Nr. 1 AtVfV. Unterlagen gem. § 3 Abs. 2 Nr. 2 AtVfV finden sich in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU).

Abbildung 1.1: Vorgesehener genehmigungstechnischer Ablauf der Stilllegung KKG.



1.1. Nichtleistungs-/ Nachbetrieb

Nach Beendigung des Leistungsbetriebs des KKG beginnt der Nichtleistungs- bzw. Nachbetrieb. Der Nichtleistungs- bzw. Nachbetrieb erfolgt unter der weiterhin geltenden Betriebsgenehmigung gemäß § 7 Abs. 1 AtG. Im Rahmen der Betriebsgenehmigung werden sämtliche Tätigkeiten unter Fortgelten der bewährten administrativen Regelungen und unter Fortführung der atomrechtlichen Überwachung durchgeführt.

Die Arbeiten des Nichtleistungs- bzw. Nachbetriebs sind nicht Gegenstand des Antrags auf Stilllegung und Abbau gemäß § 7 Abs. 3 AtG. Sie werden aber hier zum besseren Verständnis des Gesamtprozesses kurz erläutert. Dafür wird im Weiteren anstelle des Begriffs „Nichtleistungs- / Nachbetrieb“ die Bezeichnung „Nachbetrieb“ verwendet.

Durch die Beantragung einer Stilllegungs- und Abbaugenehmigung gemäß § 7 Abs. 3 AtG hat die Betreiberin der Anlage mit den Vorbereitungen zu Stilllegung und Abbau des KKG begonnen. Der Nachbetrieb einer nach § 7 Abs. 1 AtG genehmigten Anlage beginnt nach deren endgültiger Abschaltung mit dem Ziel der Vorbereitung der Stilllegung und des Abbaus. Der Nachbetrieb umfasst alle im Rahmen der weiterhin geltenden Betriebsgenehmigung gestatteten Maßnahmen zur Vorbe-

reitung auf die Stilllegung und den Abbau der Anlage. Er endet mit der Inanspruchnahme einer Stilllegungs- und Abbaugenehmigung.

Die Schutzziele für den Nachbetrieb sind:

- Kontrolle der Reaktivität,
- Kühlung der Brennelemente,
- Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- Begrenzung der Strahlenexposition.

Das grundlegende Sicherheitsziel ist der Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung. Dieses Ziel gilt für alle Aktivitäten von der Planung über die Errichtung und den Betrieb sowie beim Abbau eines Kernkraftwerks.

Das Betriebshandbuch und das Prüfhandbuch des KKG werden im aufsichtlichen Verfahren nach § 19 AtG angepasst.

Während des Nachbetriebs kann mit dem Abtransport unter Berücksichtigung der Rückwirkungsfreiheit der im Brennelementlagerbecken (BE-Lagerbecken) gelagerten bestrahlten Brennelemente begonnen werden. Weiterhin werden vorbereitende Maßnahmen für die Stilllegung und den Abbau der Anlage durchgeführt, wie:

- Weiterführung betrieblicher Entsorgungsprozesse,
- die Entsorgung von Betriebsstoffen (z.B. Turbinenöl, Filtermaterialien),
- die Außerbetriebnahme, Entleerung, Trocknung von Systemen sowie das Entfernen der thermischen Isolierung,
- Entsorgung mobiler Einrichtungen,
- die System- und Bauteildekontamination,
- die Durchführung von Probeentnahmeprogrammen zur Ermittlung der Aktivitätsverteilung,
- der Abbau von Anlagenteilen, die keiner atomrechtlichen Genehmigung unterliegen, sowie
- das Einrichten von Arbeitsplätzen für den Abbau in der Anlage.

1.2. Restbetrieb

Aufgabe des Restbetriebs ist die Sicherstellung des technischen Anlagenbetriebs zur Gewährleistung der Einhaltung aller Schutzziele und die Unterstützung der Abbautätigkeiten durch den Aufbau und Betrieb von Hilfssystemen sowie die Stillsetzung von Systemen vor dem Abbau. Der Restbe-

trieb des KKG beginnt mit der Inanspruchnahme der 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (siehe Abbildung 1.1). Gleichzeitig kann mit den Abbauarbeiten der Abbauphase 1 begonnen werden.

Die Bedingungen für den Restbetrieb und die Abbaumaßnahmen sind durch den Anlagenstatus des KKG zum Zeitpunkt der Inanspruchnahme der Genehmigung geprägt:

- Zu Beginn der Abbauphase 1 befindet sich noch Kernbrennstoff (bestrahlte Brennelemente und Sonderbrennstäbe) in dem BE-Lagerbecken der Anlage.
- Die abnehmende Anzahl an Brennelementen im BE-Lagerbecken führt zusätzlich zum Abklingen zu einer Reduzierung der verbleibenden Nachzerfallsleistung. Nach Abtransport aller Brennelemente ist ein aktives Kühlsystem für das BE-Lagerbecken nicht mehr notwendig. Allerdings ist weiterhin eine ausreichende Abschirmung der noch verbliebenen Sonderbrennstäbe im BE-Lagerbecken notwendig.
- Die Abbauphase 1 wird in drei Zeitabschnitte unterteilt.
 - **Abschnitt 1A:** Im BE-Lagerbecken befinden sich sowohl bestrahlte BE als auch einzelne Sonderbrennstäbe.
 - **Abschnitt 1B:** Einzelne Sonderbrennstäbe sind noch im BE-Lagerbecken vorhanden. Sie erfordern auch nach Abtransport der BE eine angemessene Wasserüberdeckung zur Abschirmung der ionisierenden Strahlung.
 - **Abschnitt 1C:** Die Anlage ist frei von Kernbrennstoff.
- Die radioaktiv kontaminierten Anlagenteile werden bei Bedarf bereits vor ihrer Demontage dekontaminiert.
- In der Abbauphase 2 ist die Anlage kernbrennstofffrei und die Abbaugenehmigung für Phase 2 liegt vor.

Das nach Herstellung der Kernbrennstofffreiheit dann noch vorhandene, deutlich reduzierte Aktivitätsinventar ist überwiegend in den aktivierten Anlagenstrukturen (Reaktordruckbehälter und biologischer Schild etc.) fest eingebunden und solange nicht mobilisierbar, bis die entsprechenden Bauteile durch die vorgesehenen Verfahren verpackungsgerecht zerlegt werden. Die erforderlichen Vorsorgemaßnahmen zum Einschluss radioaktiver Stoffe während dieser Arbeiten werden getroffen. Die Schutzziele während des Restbetriebs sind entsprechend dem Anlagenzustand zu Beginn der Abbauphase 1 die „Kontrolle der Reaktivität“, die „Kühlung der Brennelemente“, der „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ und „die Begrenzung der Strahlenexposition“. Nach dem Abtransport der letzten bestrahlten Brennelemente und Sonderbrennstäbe zur Zwischenlagerung reduzieren sich die Schutzziele zu Beginn der Abbauphase 1C auf den „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ und die „Begrenzung der Strahlenexposition“.

Der Restbetrieb erstreckt sich über den gesamten Zeitraum der Stilllegung und des Abbaus. Im Wesentlichen werden folgende Arbeiten in diesem Zeitraum durchgeführt:

- Weiterbetrieb benötigter Systeme (z.B. Betrieb der Abwasseraufbereitung),
- Anpassen von Systemen und deren Betriebsweise,
- Errichten und Betrieb neuer Systeme zur Unterstützung des Abbaus (z.B. Konditionierungsanlagen, Dekontaminationseinrichtungen),
- Schaffen einer geeigneten Infrastruktur für die einzelnen Abbauphasen während des Abbaus,
- Nutzungsänderungen von Raumbereichen,
- Einrichten von Reststoffbehandlungseinrichtungen (z.B. Zerlegeplätze, Dekontaminationsplätze),
- Durchführung der Stillsetzung von Systemen und Anlagenteilen,
- Erfassung, Sammlung und Konditionierung der bei Restbetrieb und Abbau der Anlage anfallenden Reststoffe,
- Freigabe gemäß § 29 StrlSchV,
- Herausbringen von beweglichen Gegenständen aus dem Kontrollbereich zur Wiederverwendung gemäß § 44 StrlSchV,
- Herausgabe von Stoffen aus dem Überwachungsbereich,
- Abgabe von radioaktiven Stoffen an andere Genehmigungsinhaber,
- Durchführung von Demontagen,
- Entlassung von Gebäuden, Anlagenteilen und Geländeflächen aus der atomrechtlichen Überwachung.

Die betrieblichen Systeme werden bei Bedarf durch Ersatzsysteme abgelöst, so dass, wenn es erforderlich ist, für den Abbau angepasste, ggf. mobile Restbetriebssysteme zur Verfügung stehen.

Die Systeme und Anlagenteile zur Aktivitätsrückhaltung während des Leistungsbetriebs stehen auch während des Abbaus weiterhin unter Beachtung der dann anstehenden reduzierten Anforderungen zur Verfügung. Ggf. werden sie durch festinstallierte, an den Abbau angepasste und mobile Systeme ersetzt. Dies sind im Wesentlichen die Lüftungsanlagen, das Abwassersammelsystem, die Abwasseraufbereitung und die baulichen Barrieren. Mit diesen Systemen und Anlagenteilen wird sichergestellt, dass die beantragten Grenzwerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe eingehalten werden.

1.3. Abbau von Anlagenteilen in der Abbauphase 1

Der beantragte, nukleare Abbau findet weitgehend innerhalb der bestandskräftig genehmigten und betriebenen Kontrollbereichsgebäude statt. Die während des nuklearen Abbaus anfallenden Massen stellen nur einen kleinen Teil der Gesamtanlage dar. Der überwiegende Teil der abzubauenen Massen des KKG fällt im Rahmen des konventionellen Gebäudeabrisses an, der nicht zum hier beantragten Genehmigungsumfang gehört.

Solange der Abtransport der bestrahlten Brennelemente und Sonderbrennstäbe nicht abgeschlossen ist, erfolgt der Abbau von Anlagenteilen rückwirkungsfrei auf die eingelagerten Brennelemente und Sonderbrennstäbe, so dass die Einhaltung aller Schutzziele gewährleistet ist.

Die Abbauphase 1 umfasst im Wesentlichen (siehe auch Kapitel 5.2):

- die Zerlegung und die Verpackung des Reaktordruckbehälterdeckels,
- den Abbau und die Verpackung der Dampferzeuger, des Druckhalters mit Abblasetank sowie der Hauptkühlmittelpumpen,
- die Zerlegung und Verpackung von Rohrleitungen und Komponenten wie Speisewasserleitungen, Frischdampfleitungen, Hauptkühlmittel- und Kühlwasserleitungen,
- den Abbau, die Zerlegung und die Verpackung beweglicher und fester Reaktordruckbehältereinbauten,
- den Abbau von weiteren radioaktiv kontaminierten/aktivierten Anlagenteilen im Kontrollbereich,
- den Abbau von Anlagenteilen außerhalb des Kontrollbereichs, die der atomrechtlichen Überwachung unterliegen,
- den Abbau von kontaminierten/aktivierten Betonstrukturen und deren Entsorgung, sowie ggf. der Einbau statischer Ersatzmaßnahmen,
- Dekontamination von kontaminierten Betonstrukturen,
- Freigabe gemäß § 29 StrlSchV,
- Herausbringen von beweglichen Gegenständen aus dem Kontrollbereich zur Wiederverwendung gemäß § 44 StrlSchV,
- Herausgabe von Stoffen aus dem Überwachungsbereich,
- Abgabe von radioaktiven Stoffen an andere Genehmigungsinhaber.

1.4. Abbau von Anlagenteilen in der Abbauphase 2

Die Abbauphase 2 umfasst zusätzlich zu den bereits in Abbauphase 1 begonnenen Arbeiten im Wesentlichen (siehe auch Kapitel 5.3):

- den Abbau des Reaktordruckbehälters (RDB),
- das Fortsetzen des Freiräumens des Sicherheitsbehälters und Abbau des biologischen Schilddes.

1.5. Maßnahmen nach Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung

Nach der Entlassung des KKG aus der atomrechtlichen Überwachung sind noch die restlichen Strukturen von Gebäuden verblieben. Die verbliebenen Gebäudestrukturen können im Rahmen der Regelungen des Baurechts abgebrochen und das Anlagengelände einer weiteren Bestimmung übergeben werden. Gleichfalls ist es möglich, die verbliebenen Gebäude einer neuen Nutzung zuzuführen. Maßnahmen nach Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung sind nicht mehr Gegenstand von Genehmigungen nach § 7 Abs. 3 AtG.

1.6. Errichtung und Betrieb eines Reststoffbehandlungszentrums (RBZ)

Für die während der Stilllegung und des Abbaus des KKG anfallenden Reststoffe und Abfälle ist ein Reststoffbehandlungszentrum (RBZ) erforderlich. Das RBZ wird in bestehenden Kontrollbereichen eingerichtet und verteilt sich im Wesentlichen auf Raumbereiche im Reaktorgebäude-Ringraum, im Reaktorhilfsanlagengebäude und im Entsorgungsgebäude.

1.7. Vorhandene und geplante Anlagen am Standort KKG

1.7.1. Standort-Zwischenlager (KKG-BELLA)

Am Standort existiert ein Standort-Zwischenlager für die nach § 6 AtG /1.2/ genehmigte Aufbewahrung von Kernbrennstoffen aus dem Kernkraftwerk Grafenrheinfeld in Behältern (KKG-BELLA). Der Betrieb des KKG-BELLA ist ab Beginn des Einlagerungsbetriebes 2006 für einen Zeitraum von 40 Jahren genehmigt. Das Lager besitzt 88 Stellplätze. Die Kapazität ist so bemessen, dass alle bestrahlten Brennelemente und Sonderbrennstäbe des KKG zwischengelagert werden können, die bis zum Ende der Betriebszeit des KKG angefallen sind.

1.7.2. Bereitstellungshalle (BeHa) für radioaktive Abfälle

Am 15.01.2015 wurde beim Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) eine Genehmigung nach § 7 Abs. 1 StrlSchV für den Umgang mit radioaktiven Stoffen mit einem Aktivitätsinventar von $5 \cdot 10^{17}$ Bq in einer noch zu errichtenden Bereitstellungshalle für konditionierte schwach- und mittelradioaktive Abfälle (BeHa) zur späteren Einlagerung in ein Bundesendlager beantragt. Für die Errichtung ist ferner eine Baugenehmigung nach Bayerischer Bauordnung erforderlich. Eine Entscheidung über die Errichtung der BeHa wird zu einem späteren Zeitpunkt getroffen.

Bei den radioaktiven Abfällen handelt es sich um Abfälle aus dem Betrieb, dem Restbetrieb und dem Abbau des KKG, um Abfälle, die beim Betrieb des bereits am Standort vorhandenen Lagers KKG-BELLA und der BeHa anfallen sowie weitere Betriebs-, Restbetriebs- und Stilllegungsabfälle der EKK.

1.8. **Strahlenexposition in der Umgebung**

Für die Stilllegung und den Abbau des KKG wurde die maximal zu erwartende Strahlenexposition unter Berücksichtigung der Einzelbeiträge aus:

- genehmigten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser,
- beantragten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft,
- Direktstrahlung und Streustrahlung, unmittelbar aus dem genehmigten bzw. beantragten Umgang mit radioaktiven Stoffen (Kernbrennstoff, aktiviertes und kontaminiertes Material) und
- unter Beachtung der sogenannten radiologischen Vorbelastung des Standorts (Direktstrahlung, Streustrahlung und Ableitungen durch den früheren Betrieb des KKG und anderer kerntechnischer Einrichtungen in der Umgebung von KKG, sowie durch medizinische Einleiter)

ermittelt (siehe auch Kapitel 7).

Strahlenexposition durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft

Eine Aufgabe der Lüftungsanlage des KKG ist es, den Kontrollbereich mit Frischluft zu versorgen, den Kontrollbereich gegenüber der Umgebung unter Unterdruck zu halten und die verbrauchte Luft als Fortluft über den Fortluftkamin kontrolliert an die Umgebung abzuleiten.

Die effektive Dosis unter Ausschöpfung aller beantragten Werte für Ableitungen mit der Fortluft wurde für KKG mit ca. 0,059 mSv/a für Säuglinge (Altersgruppe < 1 Jahr; entspricht ca. 20 % des

Grenzwerts des § 47 StrlSchV) und mit ca. 0,046 mSv/a für Erwachsene (Altersgruppe > 17 Jahre; entspricht ca. 15 % des Grenzwerts des § 47 StrlSchV) berechnet. Radiologische Vorbelastungen durch andere Anlagen liegen am Standort nicht vor. Der entsprechende Grenzwert des § 47 StrlSchV beträgt 0,3 mSv/a.

Insgesamt wurde für den Fortluftpfad nachgewiesen, dass im Rahmen von Stilllegung und Abbau des KKG für alle Organdosen sowie für die effektive Dosis und für alle Altersgruppen die Grenzwerte nach § 47 Abs. 1 StrlSchV deutlich unterschritten werden.

Strahlenexposition durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

Für den Nahbereich des Standorts KKG (Bereich der Einleitungsstelle der KKG-Wässer in den Main) ergibt sich rechnerisch infolge genehmigter radioaktiver Ableitungen unter Einbeziehung der Vorbelastungen, die im Wesentlichen durch medizinische Einleiter verursacht werden, die maximale effektive Jahresdosis von ca. 0,083 mSv (entspricht ca. 28 % des Grenzwerts des § 47 StrlSchV) für Säuglinge (< 1 Jahr).

Für den Fernbereich des Standortes KKG (Bereich vollständiger Durchmischung der vom Standort KKG eingeleiteten Wässer mit den Wässern sonstiger Einleiter) ergibt sich rechnerisch eine maximale effektive Jahresdosis von ca. 0,033 mSv für die effektive Dosis (entspricht ca. 11 % des Grenzwerts des § 47 StrlSchV), ebenfalls für Säuglinge (< 1 Jahr).

Für das Zwischenlager KKG-BELLA ist im bestimmungsgemäßen Betrieb keine Ableitung mit dem Abwasser vorgesehen, so dass für den Wasserpfad keine Exposition resultiert.

Insgesamt wurde auch für den Abwasserpfad nachgewiesen, dass im Rahmen von Stilllegung und Abbau des KKG für alle Organdosen sowie für die effektive Dosis und für alle Altersgruppen die Grenzwerte nach § 47 Abs. 1 StrlSchV deutlich unterschritten werden.

Strahlenexposition durch Direktstrahlung

Die von Systemen, Anlagenteilen, Reststoffen oder radioaktiven Abfällen innerhalb der Gebäude des KKG ausgehende Direktstrahlung wird durch die Gebäudestrukturen wirkungsvoll abgeschirmt.

Im Laufe der Stilllegung und des Abbaus können Reststoffe oder radioaktive Abfälle auf entsprechend ausgewiesenen Flächen im Überwachungsbereich innerhalb und außerhalb von Gebäuden, wie z.B. zum An- und Abtransport, abgestellt werden. Von diesen Stoffen ausgehende Direktstrahlung wird durch betriebliche Strahlenschutzmaßnahmen so begrenzt, dass unter Einbeziehung der

oben geschilderten Beiträge aus Ableitungen eine effektive Dosis von 1 mSv pro Kalenderjahr (§ 46 StrlSchV) sicher eingehalten bzw. deutlich unterschritten wird. Der Nachweis erfolgt über das in Kap. 7.4.4 beschriebene Programm zur Umgebungsüberwachung.

Die Betrachtungen zur Direktstrahlung gelten für alle Verfahrensoptionen während Stilllegung und Abbau des KKG.

1.9. Ereignisanalyse

Der Nachweis, dass die Stilllegung und der Abbau des KKG mit keinen unzulässigen Auswirkungen auf die Umgebung in Form erhöhter Strahlenexpositionen durchgeführt werden kann, wurde mit einer Ereignisanalyse (siehe Kapitel 9) erbracht. Dabei wurden auch Ereignisse aufgrund der Lagerung und Handhabung bestrahlter Brennelemente im BE-Lagerbecken zu Beginn der Stilllegung und des Abbau des KKG betrachtet.

Das bezüglich radiologischer Auswirkungen abdeckende Ereignis für Stilllegung und Abbau des KKG ist der Brand eines Filtermobils. Die maximale potenzielle Dosis wäre in diesem Fall 0,28 mSv, was einer Ausschöpfung des Grenzwerts von 50 mSv nach § 50 in Verbindung mit § 117 Abs. 16 StrlSchV von ca. 0,6 % entspricht.

2. Standort

2.1. Geografische Lage

Der Standort des Kraftwerks befindet sich auf dem Gebiet der Gemeinde Grafenrheinfeld, die zum Landkreis Schweinfurt im Regierungsbezirk Unterfranken gehört. Das Kraftwerk liegt am östlichen Mainufer bei Flusskilometer 324,5, ca. 5,5 km südwestlich von Schweinfurt, ca. 1,7 km südwestlich von Grafenrheinfeld sowie ca. 2 km westlich von Röthlein. Das Anlagengelände liegt im ebenen Gelände des Schweinfurter Beckens bei einer mittleren Geländehöhe im aufgeschütteten Bereich von 206,5 m über NN. Der Standort des KKG ist auf dem Kartenausschnitt in Abbildung 2.1 gekennzeichnet.

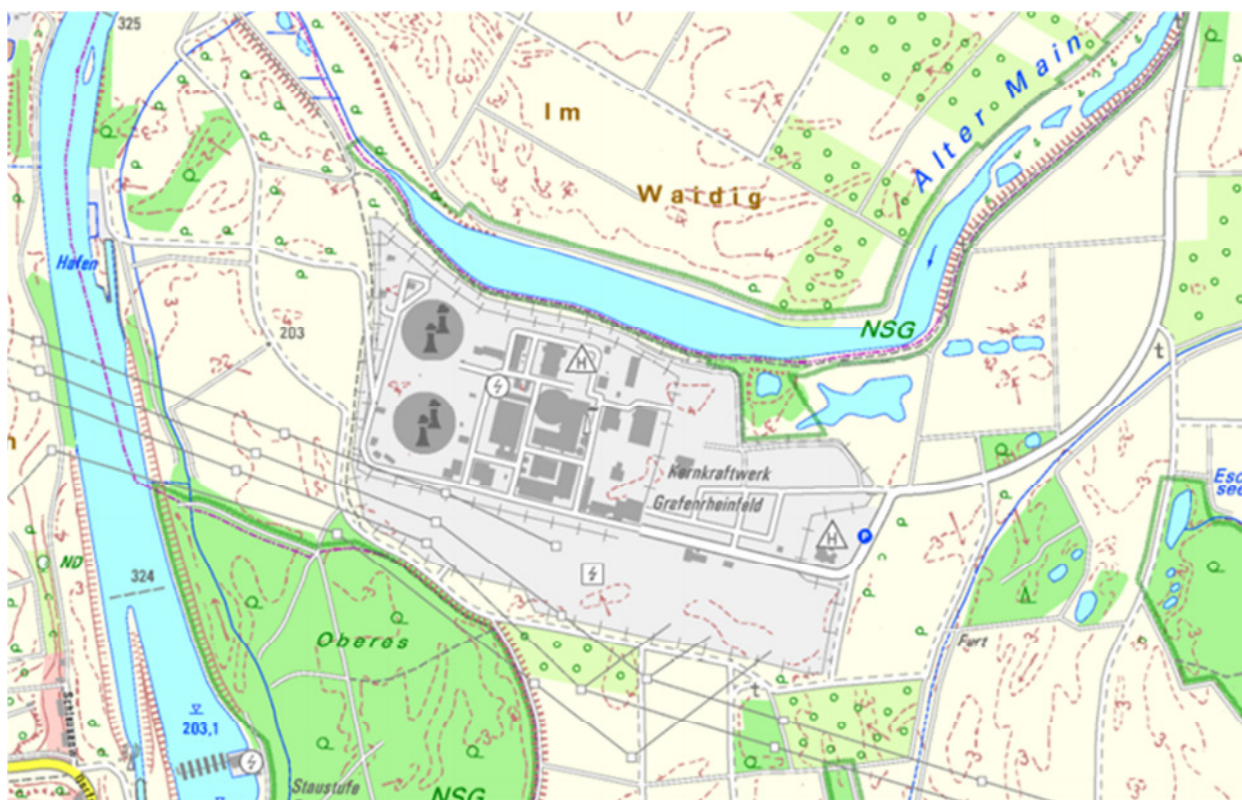
Abbildung 2.1: Lageplan des Standorts Grafenrheinfeld mit 10 km-Umkreis



Die Gesamtgrundstücksfläche des Standorts beträgt ca. 400.000 m². Eigentümer des Grundstücks ist die EKK. Das Kernkraftwerk einschließlich der zugehörigen Nebenanlagen besteht aus einem Druckwasserreaktor mit einer Generatornennleistung von 1.275 MW_{el} (netto). Die erzeugte elektrische Energie wurde im Leistungsbetrieb über die Freiluftschaltanlage in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Die Ergänzung des verdunsteten Kühlwassers für den Kühlturbetrieb erfolgte durch Entnahme von Mainwasser. Das Anlagengelände des KKG ist schematisch in Abbildung 2.2 dargestellt.

Aussagen zu den Naturschutzgebieten finden sich in den Unterlagen zur UVU.

Abbildung 2.2: Übersichtplan des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld



2.2. Besiedelung

In Tabelle 2-1 sind die Einwohnerzahlen der Städte und Gemeinden, die im 10-km-Umkreis um den Standort liegen, angegeben. Die durchschnittliche Bevölkerungsdichte im 10-km-Umkreis um KKG liegt bei 377 Einw./km² und damit über dem bundesdeutschen Durchschnitt von 227 Einw./km².

Tabelle 2-1: Verzeichnis aller Gemeinden, die sich ganz oder teilweise im 10 km-Umkreis befinden mit Einwohnerzahl (Stand 31.12.2014)

Gemeinde	Richtung	Entfernung zum Standort [km]	Einwohner
Bergheinfeld	N	2,0	5.223
Euerbach	NNW	8,6	3.038
Geldersheim	NNW	6,4	2.720
Gochsheim	ONO	7,6	6.182
Grafenheinfeld	NNO	1,7	3.421
Grettstadt	O	8,5	4.186
Kolitzheim	SSO	7,8	5.429
Niederwerrn	N	8,3	7.814
Röthlein	O	2,0	4.545
Schwanfeld	SSW	7,4	1.807
Schwebheim	O	4,5	4.080
Schweinfurt	NNO	5,5	51.610
Sennfeld	NNO	7,5	4.356
Waigolshausen	WSW	4,9	2.775
Werneck	W	4,4	10.222
Wipfeld	S	6,9	1.085

Die Stadt Schweinfurt befindet sich in NNO-Richtung etwa 5,5 km entfernt. Würzburg (124.219 Einw.) liegt in SW-Richtung in etwa 25 km Entfernung.

2.3. Boden- und Wassernutzung

Die Flächen der Gemeinden im 10 km Bereich werden überwiegend land- bzw. forstwirtschaftlich genutzt. So entfallen durchschnittlich ca. 67 % der Gemeindeflächen auf Landwirtschaftsflächen und ca. 13 % auf Waldflächen. Von der landwirtschaftlich genutzten Fläche entfallen im Mittel ca. 92 % auf Ackerland. In einigen Gemeinden im 10 km-Bereich wird Weinanbau betrieben. Größere Anbaugelände befinden sich in Kolitzheim, Wipfeld, Waigolshausen und Schweinfurt.

2.4. Gewerbe- und Industriebetriebe, militärische Anlagen

Bedingt durch die räumliche Nähe zu Schweinfurt sind im 10 km Umkreis um KKG zahlreiche Gewerbe- und Industriebetriebe angesiedelt.

In und um Schweinfurt sind vor allem Betriebe folgender Art vertreten:

- Elektrotechnik/Elektronik
- Metall und Maschinenbau
- Nahrungs- und Genussmittelindustrie
- Kommunikation/Datenverarbeitung
- Holz und Textilverarbeitung

In der näheren Umgebung des Standorts befinden sich keine Betriebe, in denen explosive Stoffe in größeren Mengen hergestellt, gehandhabt oder gelagert werden.

Seit Ende 2014 ist der dem Kraftwerk nächstgelegene militärische Standort Volkach. Dort befindet sich in ca. 20 km Entfernung südlich vom Kraftwerk die Mainfrankenkaserne.

Mineralölferrnleitungen gibt es im 10 km-Bereich des Standorts nicht.

Im 10 km Bereich des Standorts befinden sich mehrere Gasfernleitungen. Die dem Standort nächste Fernleitung, eine Verbindung zwischen Grafenrheinfeld und Röthlein bzw. Schwebheim, hat in NO-Richtung vom Standort einen minimalen Abstand von ca. 1,3 km.

2.5. Verkehrswege

In Abbildung 2.3 ist das Straßenverkehrsnetz in der Nähe des KKG dargestellt. Nordwestlich in ca. 2 km Abstand zum Anlagengelände verläuft die Bundesstraße 26, die die Ortschaften Werneck und Schweinfurt verbindet. Östlich vom Anlagengelände mit einem Abstand von ca. 4 km verläuft die B 286, die von Schweinfurt zur der BAB 3 führt. Die BAB 3 verläuft ca. 22 km südlich des Anlagengeländes. Weitere Autobahnen in unmittelbarer Nähe sind die BAB 7 westlich des KKG mit einem Minimalabstand von ca. 8,5 km und die nördlich vom KKG verlaufende BAB 70 in einem Abstand von ca. 2 km.

In einer Entfernung von ca. 2 km zum Reaktorgebäude verläuft westlich die Eisenbahnstrecke Schweinfurt-Würzburg. Es verkehren hier Personenzüge und Güterzüge, letztere unter anderem aus dem Bereich des Hafenumschlagbetriebs und der Industriebetriebe in Schweinfurt.

Der Main hat in Höhe des Kraftwerksstandorts eine Tiefe der Fahrrinne von durchschnittlich 2,5 m. Der minimale Abstand des Reaktorgebäudes zur Fahrrinne auf dem Main beträgt ca. 820 m. Der Fluss ist hier ca. 110 m breit.

Im Umkreis von 50 km um den Standort existieren mehrere zivile Flugplätze. Seit dem Abzug des amerikanischen Militärs aus Schweinfurt sind die nächstgelegenen Militärflugplätze in Illesheim (ca. 58 km) und in Niederstetten (ca. 75 km) außerhalb des 50 km Umkreises. Der nächstgelegene internationale Flughafen in Nürnberg befindet sich in 85 km Entfernung. Um das KKG herum existiert ein Gebiet mit Flugbeschränkungen. Dieser Beschränkungsraum hat eine Höhe von 2.700 Fuß über Meeresspiegel (ca. 820 m über dem Boden) und einen Radius von 0,8 Meilen (ca. 1,5 km). Hier gilt ein generelles Durchflugverbot.

Abbildung 2.3: Straßenverkehrsnetz in der Nähe des KKG

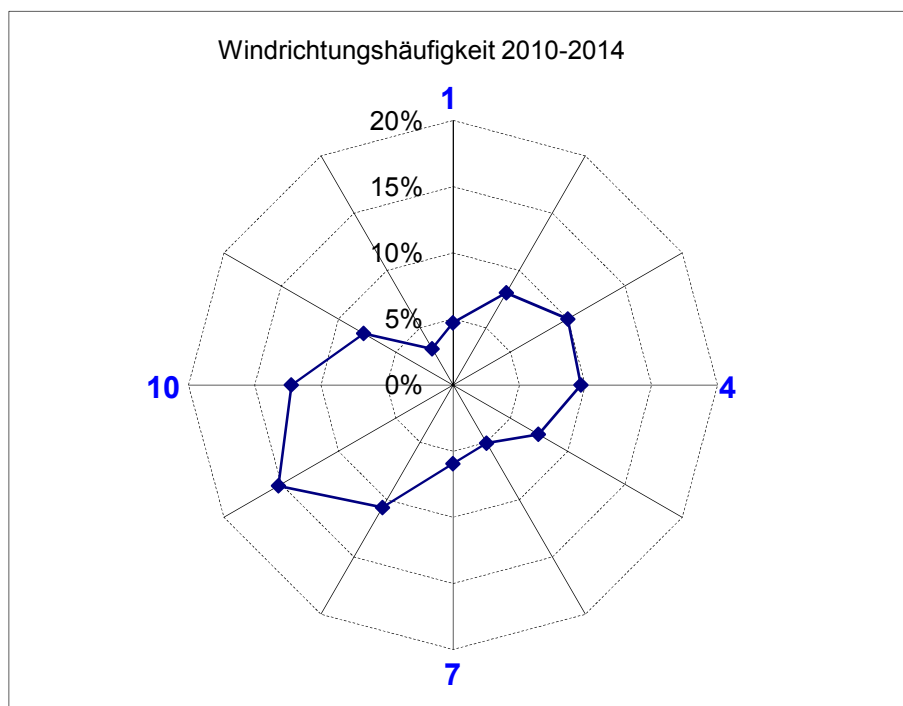


2.6. Meteorologische Verhältnisse

Über die meteorologische Instrumentierung im Kernkraftwerk Grafenrheinfeld stehen langjährige Wetterdaten in hoher Auflösung zur Verfügung. Die gemessenen Werte von Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Diffusionsklasse sowie Temperatur und Niederschlagsintensität wurden jahresweise statistisch ausgewertet und zusammengefasst.

Die grafische Darstellung der Windrichtungshäufigkeit (Abbildung 2.4) zeigt eine deutliche Betonung der südwestlichen Richtung (Sektor 9). Der langjährige Jahresdurchschnitt der Windgeschwindigkeit (in 164 m Höhe) liegt bei 5,4 m/s (entspricht etwa Beaufort 4). Die maximale Windgeschwindigkeit in den Jahren 2010 bis 2014 lag bei 21,1 m/s (Beaufort 9) in 164 m Höhe. Die durchschnittliche Jahres-Niederschlagssumme wird mit 629 mm ausgewiesen.

Abbildung 2.4: Sektorenweise Darstellung der Windrichtungshäufigkeit, basierend auf den Messdaten von 2010 bis 2014



2.7. Geologische Verhältnisse

Der Main verläuft am Standort in Südrichtung. In ca. 500 m Entfernung südwestlich des Standorts befindet sich die Staustufe Garstadt. Das Gelände im Maintal nördlich des Standorts bis hin nach Schweinfurt ist relativ eben ohne größere Höhenunterschiede. Der Standort liegt im Bereich der Talau des Mains. Zwischen ca. 2 m und 7 m unter Geländeoberkante sind vorwiegend sandige

nach unten zunehmend kiesige Bodenschichten ausgebildet. Die Bodenschicht ab ca. 7 m unter Geländeoberkante besteht aus mittelharten bis harten Tonstein- bzw. Sandsteinfelsschichten.

2.8. Hydrologische Verhältnisse

2.8.1. Oberflächengewässer

Der Standort liegt auf dem linken Mainufer bei Flusskilometer 324,5 im Bereich der Staustufe Garstadt. Der Main fließt hier in leichten Windungen von Norden nach Süden.

Nördlich des Standorts liegt die ehemalige Mainschleife „Alter Main“ ein Altwasser mit zahlreichen Tümpeln und Teichen sowie ausgeprägten Verlandungszonen. Weiterhin befinden sich in südlicher Richtung mehrere Seen.

Hochwasser

Das Einzugsgebiet des Mains weist vorwiegend Mittelgebirgscharakter auf. Dementsprechend sind Hochwasserabflüsse vor allem in den Monaten Dezember bis März zu erwarten. Trockenperioden treten im Zeitraum Juli bis September auf.

Der Standort liegt im Bereich der Stauhaltung Garstadt, deren Sollstauhöhe 203,00 m ü. NN beträgt. Die bei dem Hochwasser mit 10.000-jährlichem Wiederkehrintervall zu erwartenden Durchflussmengen von ca. 2.780 m³/s können bei vollgeöffneten Wehren ungehindert abfließen. Der zu erwartende Hochwasserspiegel beträgt 205,8 m. Die Höhe des Anlagengeländes beträgt 206,5 m, so dass eine Überflutung des Anlagengeländes bei einem 10.000-jährlichem Hochwasser ausgeschlossen werden kann.

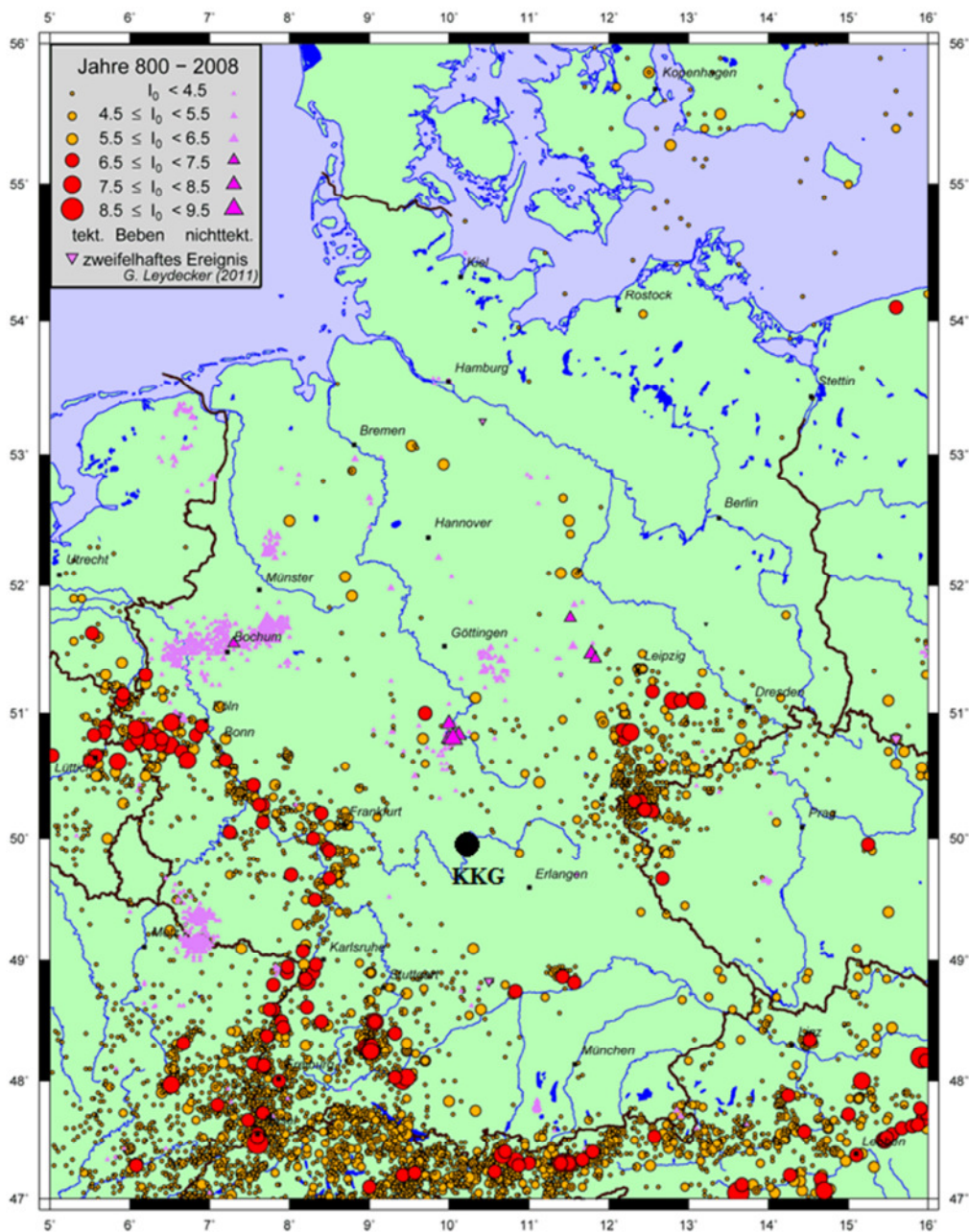
2.8.2. Grundwasser

Am Standort KKG liegt der Grundwasserpegel zwischen 1,15 und 2,70 m unter Geländeoberkante. Das Grundwasser wird zum größten Teil aus Uferfiltrat des Mains gespeist. Das Filtrat fließt in bis zu 15 m mächtigen Sand und Kiesschichten und ist von der Wasserführung des Mains abhängig. An vielen Stellen tritt artesisch aufsteigendes Tiefen Grundwasser hinzu. Die Grundwasserfließgeschwindigkeit beträgt ca. 10⁻³ m/s. Am Standort erreichen die wasserführenden Kiesschichten eine Mächtigkeit zwischen 4,9 und 6,9 m.

2.8.3. Trinkwassergewinnung

Im Umkreis von 10 km gibt es 10 öffentliche Trinkwasserversorgungsanlagen in einem Abstand zwischen 3,8 und 10,7 km.

Abbildung 2.5: Karte der Erdbebenepizentren um den Standort des KKG (Quelle Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)



2.9. Seismische Verhältnisse

Alle für die tektonische Region des Standorts KKG relevanten historischen Beben im Umkreis von 200 km wurden untersucht und in ihrer Intensität bewertet. Im gesamten Betrachtungsgebiet sind keine Schadenbeben (Intensität \geq VI-VII) bekannt geworden.

Als Bemessungserdbeben wurde für KKG ein Beben der Intensität VI gemäß EMS bzw. MSK angesetzt.

2.10. Radiologische Vorbelastung

Für die aus der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser jeweils bedingten potenziellen Strahlenexpositionen sind in § 47 Abs. 1 StrlSchV Grenzwerte definiert. Ableitungen aus dem Betrieb anderer Anlagen oder Einrichtungen oder früherer Tätigkeiten im Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung sind zum Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte gemäß § 47 Abs. 5 StrlSchV zu berücksichtigen. Diese Ableitungen werden auch als radiologische Vorbelastung bezeichnet. Eine Vorbelastung kann dabei aus Direktstrahlung, der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Luft sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser resultieren.

Beiträge wie z.B. die natürliche Strahlenexposition und die Folgen aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl zählen nicht zur radiologischen Vorbelastung.

Auf die radiologische Vorbelastung des KKG wird bei der Darstellung der Strahlenexposition in der Umgebung in Kapitel 7.5 eingegangen. Die Grenzwerte nach § 47 StrlSchV bzw. Anl. VII Teil D StrlSchV werden in jedem Fall deutlich unterschritten.

3. Das KKG

3.1. Beschreibung der Kraftwerksanlage

3.1.1. Funktion

Das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG) (Abbildung 3.1) ist ein Wärmekraftwerk zur Umwandlung von Wärme in elektrische Energie. In einem Kernkraftwerk entsteht die Wärme durch Kernspaltung im Reaktorkern innerhalb des Reaktordruckbehälters. Die kinetische Energie der Spaltprodukte und der Teilchen- und Gammastrahlung aus den Spalt- und Zerfallsprozessen der instabilen Spaltprodukte wird dabei in Wärme innerhalb des Kernbrennstoffs, des Moderators und der Strukturen des Reaktordruckbehälters umgesetzt.

Abbildung 3.1: Ansicht des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld

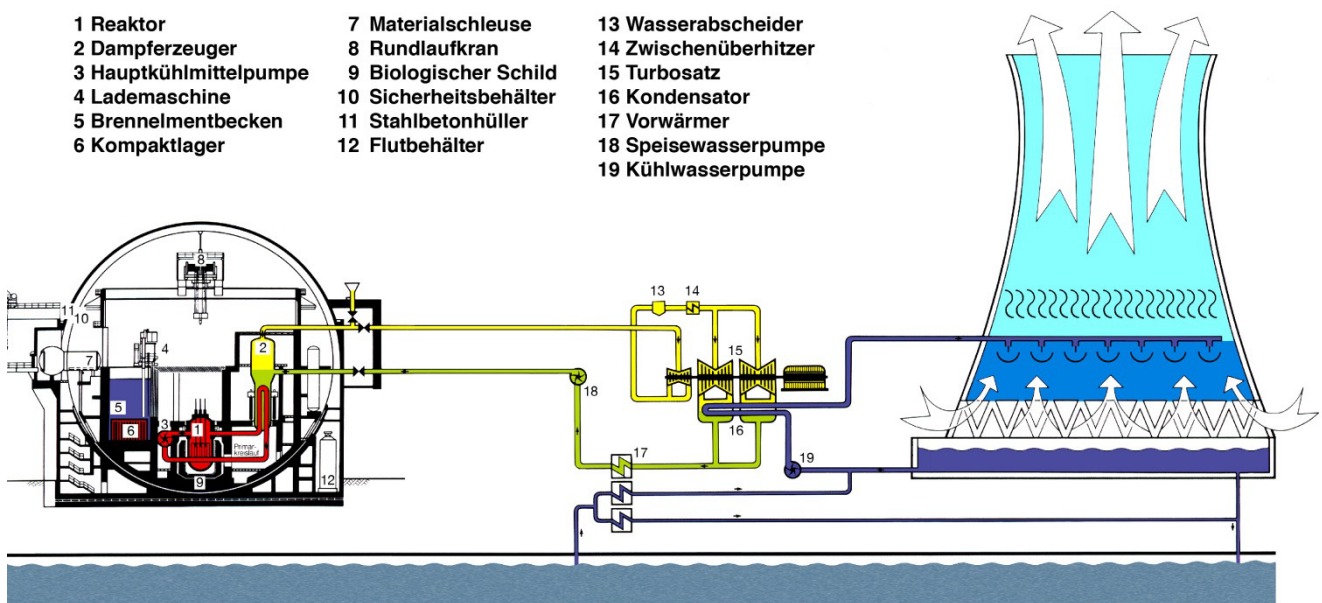


Die Wärme wird bei einem Druckwasserreaktor durch Umwälzen von Kühlmittel in vier parallel geschalteten Reaktorkühlkreisen durch die Kühlmittelpumpen zu den Dampferzeugern transportiert. In diesen entsteht (kontaminationsfreier) Sattdampf, der den Turbosatz antreibt. Die Heizrohre der Dampferzeuger trennen den Primär- und den Sekundärkreislauf druckdicht voneinander, so dass der Übertritt radioaktiver Stoffe aus dem Reaktorkühlmittel in den Speisewasser-Dampf-Kreislauf verhindert wird. In der Prinzipsdarstellung in Abbildung 3.2 werden hierzu nur ein Kühlkreislauf und eine Frischdampf- und Speisewasserleitung dargestellt.

Das durch Kernspaltung erhitzte Wasser steht dabei unter Druck, der von dem an das Reaktorkühlsystem angeschlossenen Druckhalter aufgeprägt wird und der höher ist als der Verdampfungsdruck des Wassers bei der höchsten im Reaktorkühlsystem auftretenden Temperatur. Dadurch wird gewährleistet, dass das Wasser innerhalb des Primärkreislaufs nicht verdampft.

In diesem Speisewasser-Dampf-Kreislauf fördern die Hauptspeisepumpen aus dem Speisewasserbehälter Speisewasser zu den Dampferzeugern, in denen es durch Wärmezufuhr aus dem Reaktorkühlsystem verdampft. Der erzeugte Dampf treibt den Turbosatz an. Der Turbinenabdampf wird in Oberflächenkondensatoren niedergeschlagen. Die Hauptkondensatpumpen fördern das Kondensat zurück zum Speisewasserbehälter. Das Speisewasser wird entgast und durch Anzapfdampf aus der Turbine vorgewärmt.

Abbildung 3.2: Funktionsprinzip eines Druckwasserreaktors



Die Abwärme der Turbinenkondensatoren wird wie bei konventionellen Kraftwerken vom Hauptkühlwassersystem aufgenommen. Das Hauptkühlwassersystem hat die Aufgabe, die im Turbinenkondensator anfallende Wärme an die Rückkühlanlage (Naturzug-Nasskühltürme) abzuführen. Die Rückkühlanlage gibt ihrerseits die Wärme durch Konvektion und Verdunstung an die Umgebungsluft ab.

Das Reaktorkühlsystem und die hochdruckführenden Komponenten angeschlossener Systeme, das BE-Lagerbecken und das Lager für neue Brennelemente sind im kugelförmigen Sicherheitsbehälter aus Stahl angeordnet, der von der Betonhülle umgeben ist.

Für den Betrieb des Reaktors sind eine Reihe von Hilfs- und Nebensystemen vorhanden, die an das Reaktorkühlsystem anschließen; außerdem gibt es für die Sicherheit des Reaktors Systeme mit der Aufgabe, bei Störfällen die Anlage vor unzulässigen Beanspruchungen zu schützen und deren Auswirkungen auf das Betriebspersonal, die Umgebung sowie die Anlage in vorgegebenen Grenzen zu halten. Die Reaktorhilfs- und -nebensysteme sind im Ringraum des Reaktorgebäudes und im Reaktorhilfsanlagengebäude, die zum Kontrollbereich gehören, untergebracht. Der Eingang zum Kontrollbereich befindet sich im Reaktorhilfsanlagengebäude.

Die zahlreichen nuklearen Kühlstellen des Kernkraftwerks werden durch Zwischenkühlsysteme versorgt, in denen als Wärmeträger deionisiertes Wasser (Deionat) in geschlossenen Kreisläufen umgewälzt wird. Die Zwischenkühlsysteme übertragen ihre Wärme über die zugeordneten Nebenkühlwassersysteme an den Vorfluter, d.h. den Main.

Die Betriebsführung erfolgt von der zentralen Warte aus.

Der Normalbetrieb ist weitgehend durch Regelungen und Steuerungen automatisiert, die kleinere Abweichungen von den vorgegebenen Sollwerten ausgleichen. Bei stärkeren Abweichungen sorgen automatisch wirkende Begrenzungseinrichtungen für die Rückführung auf betrieblich vorgegebene Zustände. Bei Erreichen von Auslösegrenzwerten des Reaktorschutzsystems werden die erforderlichen sicherheitstechnischen Gegenmaßnahmen automatisch eingeleitet.

Nach der endgültigen Abschaltung geben die Brennelemente noch einen Bruchteil der ursprünglichen Wärmeleistung als sog. Nachzerfallswärme ab. Aufgrund des radioaktiven Zerfalls nimmt diese mit der Zeit weiter ab.

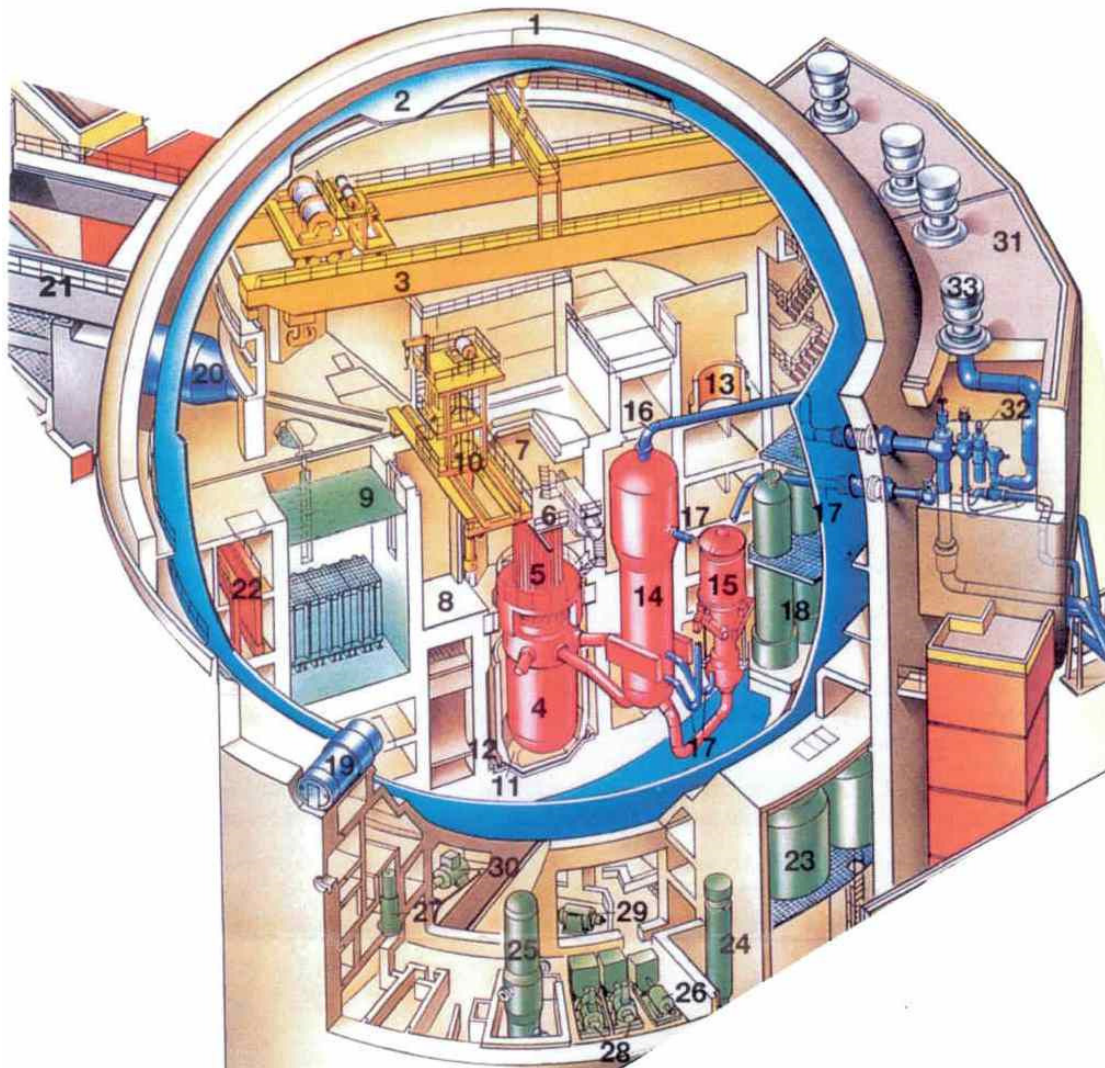
3.1.2. Systemaufbau des Primärsystems

Das Reaktorkühlsystem wird aufgrund der unterschiedlichen Aufgabenstellung unterteilt in:

- Reaktor,
- Reaktorkühlkreislaufsystem,
- Druckhaltesystem und
- Druckhalterabblasesystem.

Eine Übersicht ist in Abbildung 3.3 gegeben.

Abbildung 3.3: Prinzipieller Aufbau der Systeme im Reaktorgebäude



- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 Stahlbetonhülle | 12 Biologischer Schild (Trage) | 23 Flutbehälter |
| 2 Sicherheitsbehälter | 13 Abstellplatz RDB-Deckel | 24 Nachwärmekühler |
| 3 Kran | 14 Dampferzeuger | 25 Nuklearer Zwischenkühler |
| 4 Reaktordruckbehälter | 15 Hauptkühlmittel-Pumpe | 26 Sicherheitseinspeisepumpe |
| 5 Steuerstabantrieb | 16 Frischdampf-Leitung | 27 Hochdruckförderpumpen |
| 6 Kabelbühne | 17 Speisewasser-Leitung | 28 Nukleare Zwischenkühlpumpe |
| 7 Reaktorraum | 18 Druckspeicher | 29 Nachkühlpumpen |
| 8 Abstellpl. für Kerneinbauten | 19 Personenschleuse | 30 Borierpumpe |
| 9 BE-Lagerbecken | 20 Materialschleuse | 31 FD-Armaturenblock |
| 10 Lademaschine | 21 Halbportal mit Laufkatze | 32 FD-Armaturenblock |
| 11 Biologischer Schild (innen) | 22 Lager für neue BE's | 33 Schalldämpfer |

Der Reaktor besteht im Wesentlichen aus dem Reaktordruckbehälter (RDB), den RDB-Einbauten, dem Reaktorkern mit den Brennelementen einschließlich der Steuerelemente und aus den Antrieben der Steuerelemente. Das Primärsystem dient zur Erzeugung der thermischen Leistung aus den Spaltprozessen in den Brennstäben und der Wärmeübertragung an das Kühlmedium sowie zur Schnellabschaltung.

Das Reaktorkühlkreislaufsystem besteht aus vier gleichen Kreisläufen mit je einem Dampferzeuger, einer Hauptkühlmittelpumpe und den verbindenden Hauptkühlmittelrohrleitungen. Die Aufgabe des Reaktorkühlkreislaufsystems ist die Förderung des Kühlmittels/Moderators zum Reaktor und der Energietransport vom Reaktor zu den Dampferzeugern. Neben der Aufgabe, die im Reaktor erzeugte Wärmeleistung an die Dampferzeuger zu übertragen, dient das Kühlmittel im Reaktor als Moderator, Reflektor und als Lösungsmittel für Borsäure, die zur Bindung der Überschussreaktivität verwendet wird.

Das Druckhaltesystem besteht im Wesentlichen aus dem Druckhalter und den daran angeschlossenen Abblase- und Sicherheitsventilen. Die Druckhaltersprühung und -heizung dienen dazu, den für den Normalbetrieb erforderlichen Druck zu gewährleisten und die bei Laständerungen des Reaktorsystems durch Änderung der Systemtemperatur hervorgerufenen Volumenschwankungen des Kühlmittels ohne wesentliche Druckänderungen auszugleichen bzw. zu begrenzen.

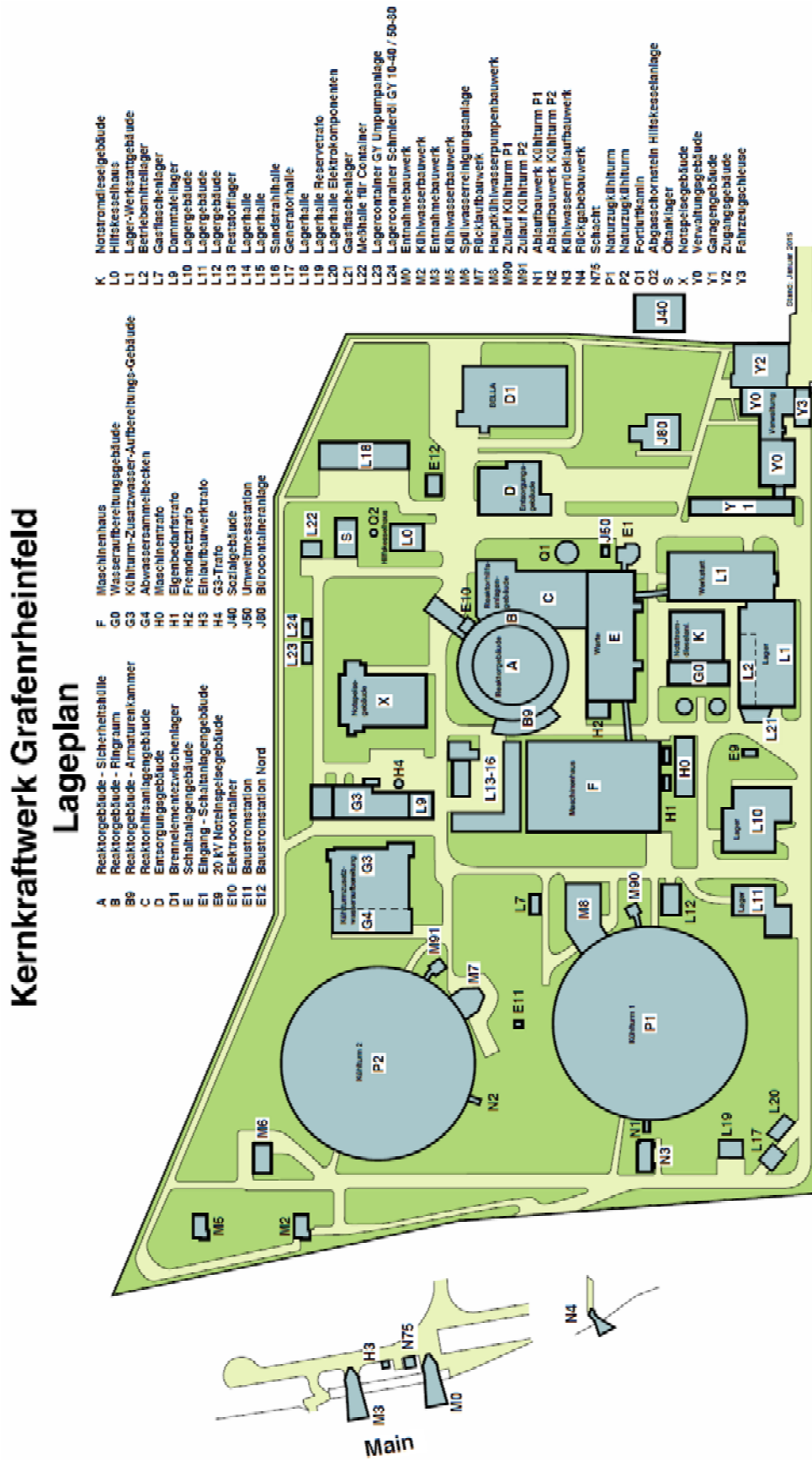
Das Druckhaltesystem hatte außerdem als anlageninterne Notfallschutzmaßnahme im Betrieb eine schnelle Druckentlastung zu gewährleisten.

Das Druckhalterabblasesystem besteht aus dem Abblasebehälter und dem Abblasebehälterkühlkreislauf mit Pumpe, Kühler und den verbindenden Rohrleitungen. Es dient dazu, die über die Druckhalter-Abblaseventile und die über die Druckhalter-Sicherheitsventile abgeblasenen Dampfmen gen zu kondensieren und abzuführen.

3.1.3. Gebäude und weitere Systeme

Das KKG besteht aus unterschiedlichen Bauwerken (siehe Abbildung 3.4), vorwiegend getrennt nach den darin befindlichen Einrichtungen: nukleare und konventionelle Anlagenteile, Einrichtungen der Kühlwasserkette sowie für die allgemeine Versorgung und Verwaltung. Die darin befindlichen Einrichtungen bestimmen auch die sicherheitstechnische Bedeutung dieser Bauwerke.

Abbildung 3.4: Lageplan des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld



Die wichtigsten Anlagenstrukturen und Gebäude sind:

- Reaktorgebäude (A/B)
- Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer (B9)
- Reaktorhilfsanlagengebäude (C) mit Fortluftkamin (Q1)
- Entsorgungsgebäude (D)
- Maschinenhaus (F)
- Schaltanlagengebäude mit Hauptwarte (E)
- Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale (K)
- Notspeisegebäude (X)
- Naturzugkühltürme (P1/P2)
- Kühlwasserbauwerke (M0, M3, M2, M5, M8)

Die Sicherheitssysteme der Anlage Grafenrheinfeld sind vierfach redundant (4 x 50 %) aufgebaut. Zur Beherrschung der Auslegungsstörfälle ist ein gestaffeltes Notstromsystem mit 4 x 10 kV dieselgetriebener Notstromgeneratoren und 4 x 380 V dieselgetriebener Notspeisenotstromgeneratoren eingesetzt.

Das Reaktorgebäude wird durch einen Zylinder mit aufgesetzter Halbkugel gebildet. Die Außenstrukturen von Zylinderwand und Halbkugel bestehen aus meterdickem Stahlbeton und werden als Stahlbetonhülle bezeichnet. Wesentlicher Bestandteil des Reaktorgebäudes ist der kugelförmige Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl mit dem darin befindlichen nuklearen Dampferzeugungssystem. Der Ringraum umschließt den Sicherheitsbehälter. Die Stahlbetonhülle umschließt Sicherheitsbehälter und Ringraum.

Im Inneren des Sicherheitsbehälters sind das Reaktorkühlsystem, Teile der unmittelbar anschließenden Reaktorhilfsanlagen und Sicherheitssysteme sowie das BE-Lagerbecken untergebracht. Der Sicherheitsbehälter ist auch während des Leistungsbetriebs begehrbar. Im Ringraum sind quadrantenweise Teile der 4-fach redundanten Sicherheitssysteme sowie der Hilfs- und Nebenanlagen aufgestellt. Am Reaktorgebäude, zum Maschinenhaus hinweisend, ist die Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer angebracht, in welcher räumlich getrennt die Frischdampfarmaturen und eine Ebene darunter die Speisewasserarmaturen angeordnet sind.

Das Reaktorhilfsanlagengebäude grenzt an der einen Seite an das Schaltanlagengebäude und an der anderen Seite an das Reaktorgebäude. Im Reaktorhilfsanlagengebäude sind die Hilfs- und Nebenanlagen des Reaktors untergebracht. Im Kaminfuß des Fortluftkamins ist das Druckentlastungssystem angeordnet, welches bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen mit langfristigem Druckaufbau im

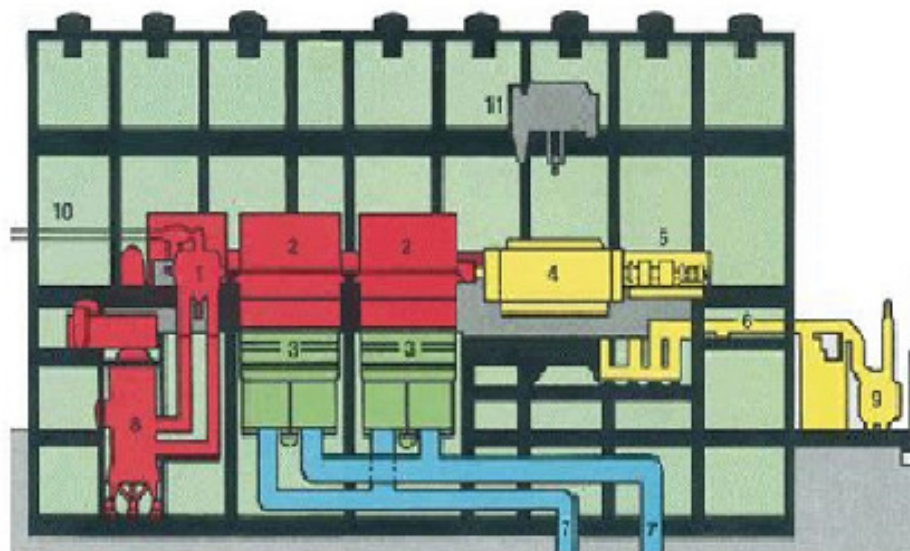
Sicherheitsbehälter die Sicherheitsbehälteratmosphäre kontrolliert über einen Venturiwäscher an den Fortluftkamin abgibt. Der Fortluftkamin mit einer Höhe von ca. 160 m über Bodenniveau befindet sich in östlicher Richtung vom Reaktorhilfsanlagegebäude.

Das Maschinenhaus (Abbildung 3.5) enthält im Wesentlichen die zur elektrischen Energieerzeugung notwendigen Teile des Sekundärkreislaufs:

- Kondensationsturbine,
- Generator,
- Kondensator,
- Umleitstation,
- Komponenten des Wasser-Dampf-Kreislaufes mit Hochdruck (HD)- und Niederdruck (ND)-Vorwärmern.

Zu ihnen gehören auch Behälter mit großem Energieinhalt, wie z.B. der Speisewasserbehälter, die Speisewasservorwärmung und die Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer.

Abbildung 3.5: Vereinfachter Querschnitt durch das Maschinenhaus



1 HD -Teil 2 ND -Teil 3 Kondensatoren 4 Generator 5 Erregereinrichtungen 6 Generatorableitungen 7 Kühlwasserleitungen
8 Dampftrockner 9 Transformatoren 10 Frischdampfleitung 11 Kran

Das Schaltanlagegebäude schließt an das Reaktorhilfsanlagegebäude an. Im Schaltanlagegebäude sind die Systeme der Elektrotechnik, die zur Steuerung, Regelung und Überwachung der Anlage vorgesehen sind, sowie die Hauptwarte der Anlage untergebracht. Entsprechend dem viersträngigen Aufbau ist das Schaltanlagegebäude in vier gleichartige Bereiche unterteilt.

Das Notstromdieselgebäude befindet sich gegenüber dem Schaltanlagegebäude. In diesem Gebäude sind im Wesentlichen vier Notstromdiesel mit zugehörigen Schaltanlagen, Treibstoffvorräten sowie die Kaltwasserzentrale mit Kältemaschinen untergebracht.

Im Notspeisegebäude sind die für die gesicherte Nachzerfallswärmeabfuhr benötigten Systeme, im Wesentlichen die vier 50 %-Notspeisenotstromdiesel mit Generator und Notspeisepumpe und den Treibstoff- und Wasservorräten, untergebracht. Des Weiteren sind ebenfalls nach Redundanzen getrennt Steuer- und Schaltanlagen des Reaktorschutzsystems einschließlich Batteriepufferung. Von der Notsteuerstelle kann bei Ausfall der Hauptwarte (EVA) die Anlage in den Zustand „unterkritisch kalt“ gefahren und gehalten werden (Abfuhr der Nachzerfallswärme und Langzeitkühlung des BE-Lagerbeckens).

Die Hauptbauwerke der Kühlwasserversorgung sind:

- Nebenkühlwasserpumpenbauwerke,
- Kühlwasserentnahmebauwerke,
- Hauptkühlwasserpumpenbauwerke,
- Kühltürme.

Sämtliche Bauwerke sind in erforderlichem Umfang in wasserundurchlässigem Stahlbeton ausgeführt und mit einer Bauwerksabdichtung versehen.

3.2. Systeme und Einrichtungen im Restbetrieb

Mit der Erteilung und Inanspruchnahme der atomrechtlichen Genehmigung zur Stilllegung und zum Abbau beginnen die Abbauarbeiten. Um eine optimale Durchführung der Abbauarbeiten und die Beherrschung der noch relevanten Ereignisse zu gewährleisten, bleibt die Funktion bestimmter Systeme und Einrichtungen der Anlage im erforderlichen Umfang erhalten. Es besteht die Möglichkeit, die Funktion der betrieblich genutzten Systeme durch – ggf. in Art und Umfang reduzierte und dem verringerten Gefährdungspotenzial angepasste – Ersatzmaßnahmen zu ersetzen. Um den Betrieb der Systeme gewährleisten zu können, werden auch die Infrastruktur und Hilfssysteme in erforderlichem Umfang weiter betrieben bzw. betriebsbereit gehalten. Hierzu gehören z.B. die Beleuchtungs- und Lüftungsanlagen und die Versorgung mit Betriebsmedien.

Im Folgenden werden die wichtigsten Systeme bzw. Systemfunktionen und Einrichtungen für die Stilllegung und den Abbau dargestellt. Beschrieben werden jeweils Funktion und Umfang zu Beginn der Stilllegung und des Abbaus. In Abhängigkeit vom Abbaufortschritt und den sich wandeln-

den Anforderungen ist die Ablösung der Einrichtungen durch entsprechend angepasste und gegebenenfalls reduzierte Ersatzsysteme oder auch der vollständige Entfall möglich.

3.2.1. BE-Kühlsysteme sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen

Kühlung BE-Lagerbecken

Zu Beginn der ersten Abbauphase wird der Abtransport der Brennelemente (BE) aus dem BE-Lagerbecken in das Standort-Zwischenlager noch nicht vollständig abgeschlossen sein. Die zunächst noch abzuführende Nachzerfallswärme erfordert den Weiterbetrieb der Beckenkühlsysteme einschließlich der vorgesehenen Notstandssysteme.

Niveauhaltung und Reinigung BE-Lagerbecken

Nach Entfernen der Brennelemente ist eine aktive Kühlung des Beckenwassers nicht mehr erforderlich. Der Sollfüllstand wird gehalten, solange sich z.B. einzelne Sonderbrennstäbe oder aktivierte Bauteile im Becken befinden und dies aus Abschirmungsgründen erforderlich ist. Die Abgabe der Nachzerfallswärme (< 5 kW) aus den Sonderbrennstäben erfolgt weiterhin über die Strukturmaterialien des Reaktorsicherheitsbehälters an die Außenluft.

Eine eventuell notwendige Ergänzung von Beckenwasser erfolgt über das Deionatsystem und seine vorgeschalteten Wasseraufbereitungseinrichtungen. Solange noch Kernbrennstoff im BE-Lagerbecken gelagert wird, wird als Ersatzmaßnahme auch die Möglichkeit der Nachspeisung aus anderen Systemen vorgehalten.

Die Systemfunktion der Beckenreinigung bleibt im erforderlichen Umfang erhalten.

Lüftung im Kontrollbereich

Während Stilllegung und Abbau bleiben Lüftungsanlagen des Kontrollbereichs (nukleare Lüftungsanlagen) im erforderlichen Umfang in Betrieb. Die für den Restbetrieb erforderlichen nuklearen Lüftungsanlagen bestehen im Wesentlichen aus der Zu- und Abluftanlage, der Anlage zur Messung und Überwachung der Luftaktivität und den erforderlichen Hilfssystemen.

Die Zuluftanlagen versorgen den gesamten Kontrollbereich mit gefilterter und soweit erforderlich temperierter Außenluft. Die Abluftanlagen saugen die eingebrachte Luftmenge ggf. über Schwebstofffilter kontrolliert ab. Es entsteht eine gerichtete Luftströmung im Kontrollbereich von außen

nach innen. Somit wird verhindert, dass mögliche vorhandene radioaktive Stoffe in der Luft des Kontrollbereichs unkontrolliert nach außen gelangen. Die Fortluftanlagen übergeben die Fortluft kontrolliert über den Fortluftkamin aus den Lüftungsanlagen ins Freie. Weiterhin bleiben Neben- und Hilfssysteme zur Erwärmung und Kühlung der Luft in Betrieb.

Bei Ausfall der Lüftungsanlage während des Restbetriebs werden die Lüftungsklappen (Zu- und Fortluft) geschlossen und die Tätigkeiten innerhalb der Anlage werden eingestellt. Zu Beginn des Restbetriebs arbeiten die Lüftungsanlagen des Kontrollbereichs unverändert mit folgenden Luftvolumenströmen:

- Reaktorgebäude:

Zuluft/Fortluft Innenraum (Spülluftbetrieb)	bis zu	3,6 m ³ /s
Zuluft/Fortluft Ringraum	bis zu	9,7 m ³ /s

- Hilfsanlagengebäude:

Zuluft/Fortluft Anlagenbereich	bis zu	21,7 m ³ /s
Zuluft/Fortluft Laborbereich	bis zu	8,2 m ³ /s
Zuluft/Fortluft Sozialbereich	bis zu	11,4 m ³ /s

- Entsorgungsgebäude:

Zuluft/Fortluft	bis zu	5,0 m ³ /s
-----------------	--------	-----------------------

Stromversorgung und elektrotechnische Einrichtungen

Für die Stromversorgung der Anlage während des Restbetriebs gibt es zwei getrennte Einspeisungen. Beide Einspeisewege sind voneinander unabhängig, da sie aus unterschiedlichen Übertragungs- und Verteilungsnetzen gespeist werden.

Die vorhandene elektrotechnische Infrastruktur wird für den Abbau des KKG weiter genutzt. Die zur Verfügung stehende Netz-Anschlussleistung ist für den zu erwartenden Leistungsbedarf während des Restbetriebs ausreichend bemessen.

Die aus dem Leistungsbetrieb vorhandenen Notstromversorgungen können in folgende Bereiche gegliedert werden:

- Dieselnotstromanlagen,
- Gleichstromanlagen,
- zentrale unterbrechungslose Drehstromanlagen,
- dezentrale Batterieversorgungen (USV-Anlagen bzw. batteriegestützte Gleichstromversorgungen).

Unter Beachtung der im Restbetrieb zu berücksichtigenden Schutzziele bleibt ein Teil der Notstromversorgung bis zur Kernbrennstofffreiheit der Anlage (Ende der Abbauphase 1B) in Betrieb, und zwar insbesondere für die Versorgung der Beckenkühlsysteme. Ab der Abbauphase 1C werden die im KKG installierten Notstromdiesel nicht mehr benötigt und können rückgebaut werden.

Sowohl die vorhandenen stationären Batterieanlagen als auch die Gleichstromanlagen werden sukzessive durch Entfall oder Zusammenlegen von Verbrauchern entlastet und können entsprechend zurückgebaut werden. Die für die genannten Einrichtungen ggf. erforderliche betriebliche Ersatzstromversorgung wird nach Industriestandard aufgebaut.

Die vorhandenen Schaltanlagen und Leittechniksysteme werden im erforderlichen Umfang weiterbetrieben und mit fortschreitendem Abbau den sich ändernden Anforderungen angepasst.

Kühlwassersysteme

Zur Abfuhr der auf der Anlage auftretenden Wärme bleiben weiterhin Kühlwassersysteme in erforderlichem Umfang in Betrieb. Zugehörige Kühlwasserreinigungsanlagen gewährleisten freien Wasserzulauf und den Schutz vor Kühlerverschmutzung. Zwischen- und Nebenkühlwassersysteme führen die im BE-Lagerbecken und in den verschiedenen Hilfs- und Nebenanlagen anfallenden Wärmemengen – beispielsweise aus den Verdampferanlagen – an den Main ab.

Deionataufbereitung und -versorgung

Die Systeme zur Aufbereitung und Verteilung von Deionat im Kontrollbereich werden zum Füllen von Kreisläufen, zum Spülen, als Sperrwasser und zum Dekontaminieren benötigt. Das Niveau im BE-Lagerbecken wird durch Nachspeisen von Deionat aufrechterhalten, solange die abschirmende Wirkung der Wasservorlage erforderlich ist. Das Deionat wird in einer Wasseraufbereitungsanlage erzeugt und in Vorratsbecken gespeichert.

Hilfsdampfversorgung

Das Hilfsdampfsystem dient als Wärmeverteiler für einige Wärmetauscher und Verdampfer in den Reaktorhilfs- und -versorgungsanlagen sowie für die Wärmeversorgung sämtlicher Gebäude. Die Wärme wird durch die Hilfskesselanlage erzeugt.

Gasversorgung

Die Gasversorgung stellt in den erforderlichen Bereichen Stickstoff, Argon und Argon/Methan (für Aktivitätsmessenrichtungen) zur Verfügung.

Druckluftanlage

Die Druckluftversorgung versorgt das Werkdruckluftnetz als größten Verbraucher und liefert Druckluft u.a. zum Betätigen von Lüftungs-Schlauchklappen und Werkzeugen.

Kaltwassersystem

Zur Konditionierung der Luft in Zuluftanlagen und ggf. zur Abfuhr von Betriebswärme an Nebenkühlwassersysteme wird Kaltwasser erzeugt und eingesetzt.

Sonstige Ver- und Entsorgungseinrichtungen

Sonstige Ver- und Entsorgungseinrichtungen bestehen insbesondere aus:

- der Anlagenentwässerung (Entwässerung und Entlüftung von Anlagenkomponenten),
- der Gebäudeentwässerung,
- der Trinkwasserversorgung,
- Heizöllager,
- Erdgasversorgung für die Hilfskesselanlage,
- der Arbeits-/Begehungsbeleuchtung und
- den Kommunikationssystemen (Telefon, Ruf- und Alarmanlage, IT-Netzwerk).

3.2.2. Überwachungs- und Schutzeinrichtungen

Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung

Mithilfe der Einrichtungen zur Aktivitätsüberwachung wird das Auftreten und ggf. die Zunahme radioaktiver Stoffe in den Räumen bzw. Systemen erkannt. Radioaktive Stoffe in Fortluft und Abwasser aus dem Kontrollbereich werden erfasst und bilanziert. Ortsdosisleistung und Aerosolaktivität in den Betriebsräumen werden zum Schutz des Betriebspersonals überwacht. Weiterhin bleibt die Personenüberwachung bestehen.

Erweitert bzw. neu aufgebaut werden Einrichtungen zur Aktivitätsbestimmung an Material oder Gebinden, das freigegeben, end- oder zwischengelagert werden soll (s.a. Kapitel 6.2).

Relevante Messwerte aus der Anlage werden weiterhin über die Kernreaktorfernüberwachung (KFÜ) an das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) übertragen.

Brandschutzeinrichtungen

Die vorhandenen stationären und mobilen Brandschutzeinrichtungen inkl. der Brandmeldeanlage sowie die baulichen und betrieblichen Brandschutzmaßnahmen verbleiben auch für die Phase des Restbetriebs, soweit dies im Sinne der jeweils gültigen gesetzlichen und technischen Vorschriften und Regelungen noch notwendig ist. Falls erforderlich werden zusätzliche Einrichtungen dauerhaft oder temporär installiert.

Durch Entfernen von Zündquellen und Brandlasten wie:

- elektrische und leittechnische Einrichtungen,
- Aggregate und Hochspannungseinrichtungen,
- die Außerbetriebnahme und Freischaltung nahezu aller wärme- und druckführenden Systeme,
- Kabelpools und Schaltschränke,
- Betriebs- und Gefahrstoffen

erfolgt kontinuierlich eine Verringerung der Brandgefährdung. Hierdurch ist eine entsprechende Reduzierung der Brandschutzeinrichtungen möglich.

Probeentnahmesystem

Mittels Einrichtungen zur Probeentnahme werden für chemische und radiologische Analysen aus verschiedenen Systemen Proben entnommen. Auch das Wasser des BE-Lagerbeckens wird auf diese Weise regelmäßig überwacht.

Leckageüberwachungssystem für BE- und Reaktorbecken

Das installierte Leckageüberwachungssystem zur Detektion von Undichtigkeiten in der Auskleidung von BE-Lagerbecken, Reaktorbecken oder Abstellraum (siehe Abbildung 3.7) dient zur frühzeitigen Schadenserkenkung und –behebung. Damit wird langfristig der zum Betrieb der Beckenkühlsysteme und zur Abschirmung notwendige Füllstand im BE-Lagerbecken sichergestellt. Das System wird daher solange weiterbetrieben, bis eine Wasserüberdeckung nicht mehr erforderlich ist.

Lüftungsabschluss

Zur Gewährleistung des Schutzziels „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ bleibt die Möglichkeit des Schließens von Absperrklappen der Lüftungsanlagen im Kontrollbereich erhalten, solange Ereignisse mit einer potenziellen Freisetzung von radioaktiven Stoffen nicht ausgeschlossen werden können, die den genehmigten Abgabewert übersteigen würde.

Sicherungseinrichtungen

Der Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD), wie z.B. terroristisch motivierte Taten, bleibt erhalten und wird ggf. angepasst.

Sonstige Überwachungs- und Schutzeinrichtungen

Im Bereich der Überwachungs- und Schutzeinrichtungen bleiben insbesondere:

- Blitzschutzeinrichtungen (äußerer und innerer Blitzschutz),
- Gaswarnanlage (Erkennung toxischer, korrosiver und explosionsgefährlicher Gase),
- Sicherheitsbeleuchtung,
- Rechneranlagen (Prozess- und Überwachungsrechner, Dosimetrierechner, Rechner des Zugangskontrollsystems),
- Einrichtungen zur Löschwasserrückhaltung

erhalten.

3.2.3. Sonstige/weitere Einrichtungen

Abwasseraufbereitung

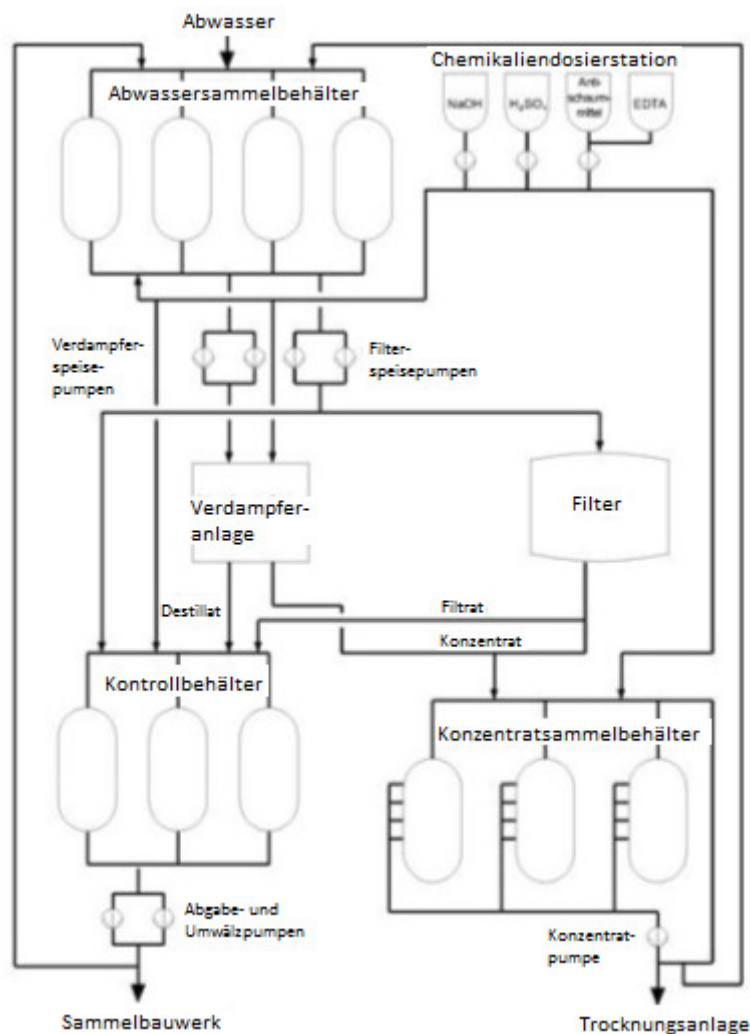
Da während der gesamten Stilllegung und des Abbaus durch Arbeitsabläufe im Kontrollbereich wie Dekontamination, Zerlegung, Spülvorgänge usw. Abwässer anfallen, werden Systeme der Abwassersammlung und Abwasseraufbereitung mit ihren Nebensystemen weiter betrieben oder von Ersatzsystemen übernommen.

Das Abwasser wird in Sammelbehältern aufgefangen. Auf der Grundlage von Probenahmen und Messungen wird entschieden, ob das Wasser über die Kontrollbehälter an den Main im Rahmen der bestehenden Genehmigungen abgegeben werden kann oder zuerst in einer Filteranlage bzw. Verdampferanlage aufbereitet wird. Anlagenentwässerungssystem und Gebäudeentwässerungssystem bleiben ebenfalls weiterhin im erforderlichen Umfang in Betrieb. Das gereinigte Abwasser wird über das bestehende Nebenkühlwassersystem diskontinuierlich an den Main abgegeben.

Das Abwasserschema für den Beginn des Restbetriebs ist in Abbildung 3.6 dargestellt.

Einrichtungen zur Handhabung von flüssigen, aus der Abwasseraufbereitung stammenden Reststoffen werden weiterbetrieben und im Restbetrieb ggf. angepasst.

Abbildung 3.6: Prinzipdarstellung der Aufbereitung radioaktiver Abwässer



Behandlung fester Reststoffe

Die vorhandenen Einrichtungen zur Behandlung fester Reststoffe bleiben weiterhin in Betrieb. Je nach Art des anfallenden Reststoffs und dem Grad der radioaktiven Verunreinigung muss unterschiedlich verfahren werden. Im Hilfsanlagengebäude bzw. Entsorgungsgebäude stehen beispielsweise Sortieranlagen, Pressen, Dekontaminationsanlagen und Freimesseinrichtungen zur Verfügung.

Um den großen Anfall von Reststoffen während des Restbetriebs und des Abbaus zu bewältigen, sollen vorhandene Gebäudeteile für die Aufstellung einer entsprechend ausgelegten Anlagentechnik umgenutzt werden. Vorgesehen ist die Einrichtung mehrerer Anlagen für die Behandlung von Reststoffen (Reststoffbehandlungszentrum RBZ, s.a. Kapitel 4.1.2).

Hebezeuge

Krane, Aufzüge und andere Hebezeuge stellen wesentliche Werkzeuge im Restbetrieb dar. Zur Gewährleistung der Absturzsicherheit schwerer Lasten sind Rundlaufkran und Halbportalkran nach den Regeln des kerntechnischen Ausschusses (KTA) ausgelegt und werden wiederkehrend geprüft.

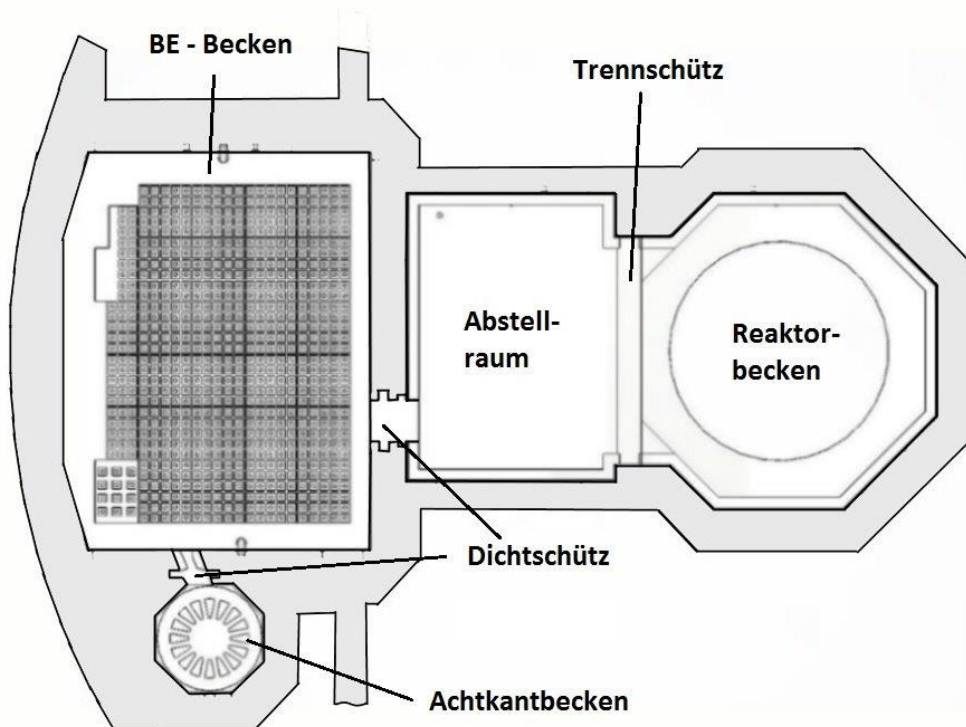
Lademaschine

Die Lademaschine wurde während des Leistungsbetriebs zum Be- und Entladen des Reaktors mit Brennelementen verwendet. Sie ist aufgebaut aus einer Laufbrücke mit einem Laufsteg, einer Laufkatze mit Geräte- und Bedienungsplattform, einem Führungsmast, Hubwerk und Steuereinrichtungen. Die Einrichtungen werden bis zum Ende des Abtransports der Brennelemente weiterhin benötigt. Der Hilfshub der Maschine kann in modifizierter Form ggf. bei den Abbauarbeiten von Reaktordruckbehälter mit Einbauten eingesetzt werden.

BE-Lagerbecken / Reaktorbecken / Abstellraum / Achtkantbecken

Die Becken sind mit korrosionsbeständigem Stahl ausgekleidet. Eine mögliche Beschädigung wird durch ein Leckageüberwachungssystem zeitnah festgestellt. Dichtschütze sperren das BE-Lagerbecken gegen Abstellraum und Reaktorbecken bzw. Achtkantbecken wasserdicht ab (s. Abbildung 3.7). Das Trennschütz sperrt den Abstellraum gegen das Reaktorbecken ab. Der Abstellraum ist so bemessen, dass das obere Kerngerüst und der Kernbehälter abgestellt werden können und die Wasserüberdeckung ausreichend ist. Um Handhabungen unter Wasser durchführen zu können, sind in allen Becken Unterwasserscheinwerfer installiert.

Abbildung 3.7: Anordnung der Becken



Kühlmittellagerung / -aufbereitung

Das System stellt Kapazitäten zur Lagerung von Wasser aus dem Reaktorbecken bzw. BE-Lagerbecken und Deionat zur Verfügung. Gleichzeitig kann Wasser über Mischbettfilter und Verdampferanlage aufbereitet werden.

Kühlmittelreinigung

In den Systemen zur Beckenreinigung und Kühlmittelaufbereitung werden Mischbettfilter mit Ionenaustauscherharzen eingesetzt. Nach Beendigung der Nutzung dieser Einrichtungen müssen die Harze ausgespült und in Transportbehälter abgefüllt werden. Hierfür werden die Einrichtungen zur Harzabfallbehandlung des Systems zur Kühlmittelreinigung eingesetzt. Nach Entsorgung der genannten Mischbettfilter können diese Teilfunktionen der Kühlmittelreinigung entfallen.

Sonstige Handhabungseinrichtungen

Sonstige Handhabungseinrichtungen sind z.B. mobile Konditionierungsanlagen und Dekontaminationseinrichtungen (System- und Bauteildekontamination).

3.3. Radiologischer Zustand der Anlage zu Beginn der Stilllegung und des Abbaus

Der radiologische Zustand der endgültig abgeschalteten und abzubauenen Anlage KKG zu Beginn der Stilllegung und des Abbaus lässt sich wie folgt kennzeichnen:

- Zu Beginn der Stilllegung und des Abbaus bis zum Ende der Abbauphase 1B befindet sich noch Kernbrennstoff im BE-Lagerbecken. Das konservativ angenommene Aktivitätsinventar im KKG von ca. $1 \cdot 10^{19}$ Bq wird in dieser Abbauphase zu mehr als 99 % durch die Aktivität im Kernbrennstoff bestimmt.
- Eine Neubildung radioaktiver Stoffe findet nicht mehr statt. Aufgrund des radioaktiven Zerfalls nimmt die Radioaktivität in der Anlage seit dem Zeitpunkt der Abschaltung ständig ab.
- Iod-131 als Spaltprodukt wird nicht mehr gebildet. Seine Aktivität in der Anlage ist aufgrund seiner Halbwertszeit von 8 Tagen praktisch vollständig abgeklungen.
- Radioaktive Edelgase als unmittelbare Spaltprodukte werden nicht mehr gebildet. Aufgrund der Halbwertszeit sind die radioaktiven Edelgase – bis auf Krypton-85 – bereits zerfallen. Mit Entfernen der Brennelemente und Sonderbrennstäbe ist Krypton-85 nur noch in geringen, nicht nennenswerten Spuren in der Anlage vorhanden.
- Durch die Primärkreisdekontamination (FSD) während des Nachbetriebs wird der radiologische Zustand der Anlage verbessert, so dass sich die Kollektivdosis für das bei Stilllegung und Abbau vor Ort tätige Personal deutlich reduziert.
- Nach Abtransport aller Brennelemente ist der überwiegende Teil der dann noch vorhandenen Radioaktivität (Größenordnung 10^{17} Bq) als Aktivierung in Materialien von Reaktordruckbehälter, Einbauten und biologischem Schild fest eingebunden und somit nicht unmittelbar freisetzbar.
- Die aktivierten Reaktor- und Anlagenteile aus Stahl weisen zum Zeitpunkt des Beginns des Restbetriebs (Bezugsdatum 2 Jahre nach Reaktorabschaltung) eine gesamte Aktivität an Cobalt-60 von typischerweise ca. $5 \cdot 10^{16}$ Bq auf. Dieser Wert basiert auf Erfahrungen aus Anlagen mit nahezu gleichem Aufbau und hinreichend gleicher Leistungshistorie.
- Der überwiegende Anteil der radioaktiven Kontamination befindet sich in Rohrleitungen, Behältern u.ä. (innere Oberflächen verschiedener Systeme) und ist ebenfalls nicht unmittelbar freisetzbar, ca. 10^{13} Bq.
- Die Kontamination auf äußeren Oberflächen von Komponenten und Gebäudestrukturen innerhalb des Kontrollbereichs bewegt sich in der Größenordnung von 10^{12} Bq.

- Das Niveau der Dosisleistung im Kontrollbereich des KKG (außer Sperrbereiche) liegt im überwiegenden Teil der Räume im Bereich von 1 $\mu\text{Sv/h}$ oder weniger.
- Die wesentlichen, noch in der Anlage vorhandenen Spalt- und Aktivierungsprodukte sind Cobalt-60 mit einer Halbwertszeit von 5,3 Jahren, Cäsium-137 mit einer Halbwertszeit von 30,2 Jahren, Eisen-55 mit einer Halbwertszeit von 2,7 Jahren und Nickel-63 mit einer Halbwertszeit von 100 Jahren. In aktivierten Betonbauteilen können auch Eu-152/154 (Halbwertszeiten 13,3 / 8,8 Jahre) enthalten sein.
Alle weiteren Radionuklide (z.B. Sr-90/Y-90, Cl-36, Mn-54, alphastrahlende Radionuklide) werden in Summe einen Anteil von deutlich unter 10% der Gesamtaktivität ausmachen.
- Kohlenstoff-14 (C-14) wurde im Primärkühlmittel während des Leistungsbetriebs gebildet und ist nur noch in wenigen Systemen in relevanten Mengen vorhanden.
- Tritium entsteht bei Spaltprozessen oder durch Neutroneneinfang. Es ist noch in Wasserkreisläufen, in Kontaminationen und im aktivierten Beton enthalten.
- Alphastrahlende Radionuklide befinden sich noch in den Brennelementen und den Sonderbrennstäben sowie in sehr geringem Umfang als Verunreinigungen im BE-Lagerbecken, im Reaktordruckbehälter und in den angeschlossenen Primärkreissystemen.

Dementsprechend können als Folge von Stilllegung und Abbau im Wesentlichen nur folgende, in der Anlage verbliebene radioaktive Stoffe abgegeben werden:

- Radioaktive Aerosole mit der Abluft (z.B. bei Dekontaminationsarbeiten oder Trennarbeiten). Diese enthalten hauptsächlich die Radionuklide Fe-55, Co-60, Ni-63 und Cs-137,
- C-14 und Tritium mit der Abluft,
- Radioaktive Nuklide mit dem Abwasser, z.B. aus der Verdampferanlage.

Für die Strahlenexposition des Personals und der Umgebung sind während des Restbetriebs die jeweils relevanten Radionuklide zu berücksichtigen. Der anzuwendende Nuklidvektor wird regelmäßig überprüft und angepasst. Sämtliche Maßnahmen im Rahmen des Strahlenschutzes orientieren sich am gültigen Nuklidvektor.

3.4. Radiologische Charakterisierung

3.4.1. Vorgehensweise

Die radiologische Charakterisierung in der Anlage erfolgt abgestuft. Es werden Daten erhoben, die zur Festlegung der Abbaustrategie, für die Störfallbetrachtung sowie zur Ermittlung des Mengenge-

rüsts für die Entsorgung erforderlich sind (radiologische Basischarakterisierung). Hier werden die Erfahrungen aus dem Leistungsbetrieb und Berechnungen herangezogen. Für ausgewählte Fragestellungen werden auch Proben entnommen und gemessen.

Vor dem Abbaubeginn wird der radiologische Zustand eines Bereichs bzw. eines abzubauenen Anlagenteils durch Messprogramme verifiziert (radiologische Detailcharakterisierung). Diese radiologische Charakterisierung erfolgt hauptsächlich durch die Entnahme und anschließende Messung von Materialproben.

3.4.2. Beprobungsmethoden

Für die radiologische Charakterisierung der Anlage kommen u.a. folgende Messmethoden zum Einsatz:

- Dosisleistungsmessung,
- Kontaminationsbestimmung,
- In-Situ-Messung,
- Messung von Materialproben.

Dosisleistungsmessungen und In-Situ-Messungen werden vor Ort durchgeführt. Wischteste und Materialproben werden vor Ort genommen und in Laboren oder fest installierten Messplätzen ausgewertet.

Grundlegende Daten zur erwarteten Kontamination werden auch aus der Gesamtanlagenfahrweise, aus der FSD sowie der komponentenspezifischen Verfahrenstechnik abgeleitet und in die Bewertung einbezogen. Ebenfalls in die Bewertung mit einbezogen werden die eingesetzten Werkstoffe der Komponenten.

Dosisleistungsmessungen

Dosisleistungsmessungen werden u.a. durchgeführt:

- in Räumen,
- an Rohrleitungen und sonstigen Komponenten von Systemen.

Die Dosisleistungsmessungen dienen in erster Linie zur Bestimmung des raum- und systembezogenen Dosisleistungsniveaus in den Räumen des Kontrollbereichs des KKG. Hieraus abgeleitete charakteristische Kenngrößen der Räume dienen der Klassifikation, Dosisabschätzung und Festlegung

strahlenschutztechnischer Maßnahmen wie z.B. Anbringen von Abschirmungen oder Entfernen von Komponenten zur Verringerung der Ortsdosisleistung.

Kontaminationsbestimmung

Kontaminationen werden im Wesentlichen über Direktmessung, Wischtests oder durch die Entnahme und anschließende Messung von Materialproben bestimmt.

Zur Direktmessung einer Kontamination werden kalibrierte Messgeräte verwendet. Die Kalibrierung des Kontaminationsmessgeräts hat unter Berücksichtigung des Nuklidvektors, der Oberflächenbeschaffenheit und der Eindringtiefe der Aktivität zu erfolgen. Für die Messung muss die Oberfläche des zu messenden Anlagenteiles gut zugänglich sein. Zwischen der Detektorfläche und der zu messenden Oberfläche muss ein definierter Abstand eingehalten werden. Fest haftende und leicht mobilisierbare Aktivität werden gleichzeitig gemessen.

Wischtests erfolgen zur Bestimmung der Höhe der nicht-festhaftenden Oberflächenkontamination, d.h. von leicht mobilisierbarer Aktivität. Fest haftende Aktivität kann damit nicht festgestellt werden.

Mit Wischtests wird die Höhe und bei Bedarf die nuklidspezifische Zusammensetzung der Kontamination bestimmt:

- an Oberflächen in Räumen,
- an äußeren Oberflächen von Systemen,
- an inneren Oberflächen von Systemen.

In-Situ-Messungen

Gammaspektrometrische In-Situ-Messungen erfolgen für Räume oder Raumbereiche oder für Teile eines Systems (z.B. Behälter, Pumpen). Neben der Ermittlung der Gesamtaktivität besteht das Ziel der Messungen in der Angabe des Aktivitätsverhältnisses zwischen den beiden Schlüsselnukliden Co-60 und Cs-137 und ggf. weiterer Radionuklide, die sich gammaspektrometrisch messen lassen. Fest haftende und leicht mobilisierbare Aktivität werden gleichzeitig gemessen.

Messung von Materialproben

Materialproben werden meist gammaspektrometrisch ausgewertet. Das Messprinzip ist dasselbe wie bei In-Situ Messungen, jedoch erfolgt die Messung in einem Messlabor.

Materialproben sind Proben von technischen Komponenten, Gebäuden, Schüttgütern, Schlämmen oder Flüssigkeiten.

Von technischen Komponenten (z.B. Behälter, Rohrleitungen, Kabel) können als Probe ganze Materialstücke herausgesägt oder anderweitig herausgetrennt werden. Ebenso ist es möglich, kleinere Teile (z.B. Bauteile einer Armatur) als Materialprobe zu verwenden. Weitere Möglichkeiten für die Probennahme an technischen Komponenten sind Materialproben z.B. als Kratz-, Bohrspan-, oder Fräsproben.

An Gebäuden werden meist Stocker- oder Bohrmehlproben genommen. Beim Stockern wird mit einem sogenannten Stockermeißel Material von der Oberfläche gelöst (abgestockert) und als Probe aufgefangen. Sollen Proben aus tieferen Schichten gewonnen werden, kann das z.B. durch Kernbohrungen realisiert werden. Vom Bohrkern wird dann ein Teil herausgesägt und als Materialprobe verwendet. Ebenso können einfache Bohrungen zur Probengewinnung genutzt werden. Dabei wird das Bohrmehl als Probe aufgefangen.

Bei der Beprobung von Schüttgütern, Schlämmen, Flüssigkeiten o.ä. wird eine festgelegte Materialmenge als Probe entnommen.

4. Arbeitsbereiche, Verfahren, Abbaueinrichtungen

4.1. Arbeitsbereiche

4.1.1. Allgemeines

Das Abbaukonzept sieht vor, dass in verschiedenen Bereichen des KKG (Räume und Raumbereiche unterschiedlicher Gebäude- und Gebäudeteile) gleichzeitig und unabhängig voneinander Abbautätigkeiten stattfinden.

Für den zielgerichteten Umgang mit Reststoffen und aus- bzw. abgebauten Anlagenteilen ist in Abhängigkeit ihres Entsorgungsziels der Aufbau einer hierfür geeigneten Infrastruktur der betrieblichen Reststoffbehandlung und -entsorgung erforderlich. Entsprechende Einrichtungen sind z.B.:

- Anlagen und Einrichtungen zur Nachzerlegung,
- Hochdruckpressen,
- Anlagen zur Dekontamination,
- Anlagen zur Trocknung von Reststoffen und Abfallgebinden sowie
- Bereiche für die Orientierungs- und Freigabemessungen.

Für den Betrieb von Einrichtungen der Reststoffbehandlung, -verwertung und -entsorgung sollen neben den am Standort KKG bereits vorhandenen auch zusätzliche neue Einrichtungen errichtet werden.

Die hiermit verbundenen Nutzungsänderungen schließen die Schaffung von Pufferlagerflächen, den Um- bzw. Ausbau von Transportwegen sowie die Einrichtung und Umwidmung betrieblicher Strahlenschutzbereiche mit ein. Die wesentlichen erforderlichen Arbeitsbereiche sind:

- Zerlegeplätze,
- Pufferlager,
- Bereiche zur Dekontamination,
- Bereiche zu Konditionierung und
- Bereiche für Radioaktivitätsmessungen.

4.1.2. Reststoffbehandlungszentrum (RBZ)

Bei der Nutzungsänderung von Raumbereichen wird das Konzept einer optimierten Reststoffbehandlung verfolgt (Reststoffbehandlungszentrum RBZ). Das RBZ wird in bestehenden Gebäuden eingerichtet. Es verteilt sich im Wesentlichen auf Raumbereiche im Reaktorgebäude-Ringraum, im Reaktorhilfsanlagengebäude und im Entsorgungsgebäude.

Bereits am Abbauort und weiterhin im Materialeingangsbereich erfolgt eine Sortierung in Materialgruppen (z.B. Metalle, Beton, sonstige Materialien usw.).

Die zentralen Einrichtungen zur Reststoffbehandlung sollen verschiedene Stationen enthalten, denen jeweils eigene Aufgaben zugewiesen sind. Folgende Stationen sind u.a. vorgesehen:

- Vordekontamination,
- manuelle Nachdemontage,
- thermische und mechanische Nachzerlegung,
- Sortierung,
- Nassdekontamination,
- Trockendekontamination,
- Betonbrecher,
- Kabelschredder,
- Orientierungsmessung,
- Freigabemessung,
- Fasstrocknung,
- Fasspresse,
- Einrichtungen zur Handhabung und Verpackung von radioaktivem Abfall.

Das konkrete RBZ-Layout wird entsprechend der zur Verfügung stehenden Fläche, der logistischen Anbindung an die Abbaubereiche und dem Abbaufortschritt gewählt. Ziel ist, die Transportwege und Handhabungen hinsichtlich der daraus resultierenden Strahlenexposition zu optimieren.

Raumbereiche können für die Einrichtung des RBZ umgenutzt werden, wenn die enthaltenen Restbetriebssysteme nicht mehr erforderlich und im Rahmen von Abbautätigkeiten vollständig entfernt wurden.

Korrespondierend mit dem Abbaufortschritt werden neu installierte Einrichtungen der betrieblichen Reststoffbehandlung und -entsorgung in ihrer Kapazität angepasst, den logistischen Erfordernissen entsprechend umgesetzt und zum Ende des Abbaus wieder abgebaut.

Bei allen Nutzungsänderungen und sonstigen Veränderungen von Raumbereichen werden alle Belange des Arbeits- und Gesundheitsschutzes, des Strahlenschutzes, des Brandschutzes sowie der Baustatik entsprechend den jeweils gültigen gesetzlichen und technischen Vorschriften und Regelungen berücksichtigt.

4.1.3. Zerlegeplätze

In der Regel werden die verschiedenen Komponenten der Anlage vor Ort demontiert und an speziell eingerichteten Zerlegeplätzen nachdemontiert bzw. nachzerlegt. Bei der Nachzerlegung kommen mechanische und thermische Verfahren zum Einsatz.

Die Bereiche für die Zerlegung können aus Zerlegeplätzen, Plätzen für die Nachzerlegung sowie Plätzen für die Verpackung bestehen. Bei Erfordernis werden weitere Einrichtungen innerhalb dieser Fläche zusätzlich integriert, z.B. die Sortieranlagen für verschiedene Reststoffarten.

Die Zerlegeplätze für eine trockene Nachzerlegung verfügen über bedarfsgerechte Einrichtungen, wie z.B.:

- Zerlegewerkzeuge, z.B. Sägen, Schneidbrenner,
- Einhausungen,
- Mobile oder systemgebundene Absaugungen,
- Mobile Überwachung der Raumluft und der Dosisleistung in den Arbeitsbereichen,
- Hebezeuge nach Erfordernis.

Bei der Zerlegung wird darauf geachtet, dass durch geeignete Maßnahmen die Strahlenexposition des Personals so gering wie möglich gehalten wird.

Der Bereich, in dem eine Trockenzerlegung durchgeführt wird, wird nach Bedarf gegenüber angrenzenden Bereichen abgeschirmt (z.B. durch eine Abschirmwand) und lufttechnisch abgetrennt. Sofern durch das jeweilige Trennverfahren Aerosole, die künstliche Nuklide enthalten, gebildet werden könnten, so kommen zusätzlich mobile Filteranlagen zum Einsatz. Bereiche für eine Trockenzerlegung befinden sich z.B. im Reaktorgebäude.

Die aktivierten Komponenten werden teilweise fernhantiert bzw. fernbedient unter Wasser zerlegt. Für die Nachzerlegung unter Wasser steht der Reaktordruckbehälter und der Bereich des Reaktorraum-, Abstell- und Achtkantbeckens sowie nach Entfernen des Kernbrennstoffs das BE-Lagerbecken zur Verfügung.

4.1.4. Pufferlagerung

In der Anlage wird innerhalb und außerhalb des Kontrollbereichs Lagerkapazität geschaffen, um Material, das nicht sofort zum nächsten Arbeitsbereich weitertransportiert werden kann oder soll, vorübergehend bis zur Weiterbearbeitung oder zur Transportbereitstellung zu lagern (Pufferlagerung). Abgebautes Material sowie für den Abbau erforderliche Behälter, Gerätetechnik und Zubehör werden zeitlich begrenzt auf diesen Pufferlagerflächen gelagert. Bei Bedarf können auch Pufferlagerflächen auf Freiflächen im Überwachungsbereich im erforderlichen Umfang eingerichtet werden. Die Pufferlagerung außerhalb des Kontrollbereichs erfolgt in geeigneten Verpackungen und unter Beachtung der Vorgaben der StrlSchV.

4.1.5. Bereiche zur Dekontamination

Für die Reinigung kontaminierter Komponenten werden im RBZ zusätzlich zu den in der Anlage bereits vorhandenen Einrichtungen geeignete Dekontaminationsanlagen zur Nass- und Trockendekontamination installiert. Bei der Positionierung der Anlagen sollen lange Transportwege vermieden sowie ein störungsfreier Materialfluss gewährleistet werden.

Unterschieden nach den durchzuführenden Aufgaben können folgende Dekontaminationsbereiche eingerichtet werden:

- Bereiche für die begleitende Dekontamination bei den Abbau- und Demontearbeiten,
- Bereiche für die Dekontamination ausgebaute Teile,
- Bereiche für die Dekontamination von Gebäudestrukturen.

Die Bereiche zur Dekontamination verfügen über bedarfsgerechte Einrichtungen, wie z.B.:

- Dekontaminationswerkzeuge, z.B. chemische, mechanische und thermische Dekontaminationseinrichtungen,
- Einhausungen,
- Mobile oder systemgebundene Absaugungen,
- Mobile Überwachung der Raumluft und der Dosisleistung in den Arbeitsbereichen,

- Hebezeuge nach Erfordernis.

4.1.6. Bereiche zur Konditionierung

In diesen Bereichen wird eine Konditionierung von radioaktiven Abfällen vorgenommen. Konditionierungsmaßnahmen sind z.B. Zerlegen, Trocknen, Verpressen, Zementieren und Verpacken.

Es besteht die Möglichkeit, Abfälle am Standort oder aber extern zu konditionieren. Dafür werden eigene Konditionierungsanlagen oder Anlagen von externen Dienstleistern genutzt.

Hochaktivierte Reaktordruckbehältereinbauten werden vorrangig unter Wasser zerlegt und verpackt, bzw. werden in mit Zerlegeteilen beladenen Einsatzkörben und geeigneter Abschirmtechnik (Abschirmglocke) trocken in geeignete Container oder Abschirmbehälter eingebracht.

Für die Installation und den Betrieb von erforderlichen Zerlege- und Hilfseinrichtungen werden Räume und Raumbereiche des Reaktorgebäudes, des Hilfsanlagengebäudes und des Entsorgungsbäudes genutzt.

4.1.7. Bereiche für Radioaktivitätsmessungen

Hierzu gehören Raumbereiche, in denen notwendige Messungen zur Aktivitäts- bzw. zur Kontaminationsbestimmung durchgeführt werden, z.B. im Rahmen der radiologischen Anlagencharakterisierung oder zur Steuerung des Materialflusses. Bei der Auswahl der Raumbereiche wird darauf geachtet, dass die Messungen störungsfrei durchgeführt werden können.

Es wird unterschieden zwischen Raumbereichen für Freigabemessungen, Raumbereichen für Orientierungs- oder Kontrollmessungen und Raumbereichen für den Laborbetrieb.

4.1.8. Transportwege

Für den Transport von abgebauten Anlagenteilen und Abfallbehältern mit radioaktiven Abfällen und Reststoffen innerhalb der Gebäude von KKG werden die vorhandenen Transportwege genutzt, angepasst oder es werden ggf. neue Transportwege eingerichtet. Die Transporte auf dem Anlagen Gelände erfolgen auf den vorhandenen Transportwegen, die ggf. angepasst werden, und auf befestigten Flächen.

Bevorzugt werden vorhandene Einrichtungen unter Berücksichtigung geänderter Randbedingungen weiter genutzt. Für die mit radioaktiven Abfällen oder Reststoffen beladenen Container oder Behälter, welche nach Beladung auf öffentlichen Straßen transportiert werden sollen, gelten die Anforderungen nach GGVSEB /6.1/.

4.2. Zerlege-, Dekontaminations- und Konditionierungsverfahren

Für Zerlegung, Dekontamination und Konditionierung von Anlagenteilen aus kerntechnischen Anlagen stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Die Verfahren sind langjährig bewährt und entsprechen dem Stand der Technik. Die in diesem Abschnitt vorgestellten Auswahl- und Zerlegeverfahren entsprechen der Übersicht nach § 3 Abs. 2 Nr. 1 AtVfV.

Die Verfahren werden entsprechend der jeweiligen Aufgabe im Wesentlichen nach folgenden Auswahlkriterien gewählt:

- Strahlenexposition des Personals,
- Freisetzung von Aktivität,
- Zeitbedarf für die Durchführung,
- Produktion von Sekundärabfall,
- Personalqualifikation,
- Dekontaminierbarkeit der Werkzeuge,
- örtliche Gegebenheiten,
- Effizienz und Ressourceneinsatz.

Es besteht die Möglichkeit, Zerlege-, Dekontaminations- und Konditionierungsschritte extern durchführen zu lassen.

4.2.1. Zerlegeverfahren

Im Folgenden werden die wichtigsten Verfahren beschrieben, die während der verschiedenen Abbauphasen zu Trennzwecken zum Einsatz gebracht werden können. Welches Verfahren im jeweiligen Fall das geeignetste ist, wird im Einzelfall entschieden. Zusätzlich können zu den oben genannten Kriterien folgende Auswahlkriterien entscheidend sein:

- Eignung für Nass- oder Trockenzerlegung,
- Eignung für Fernhandhabung bzw. Fernbedienung,

- Raumbedarf,
- Werkzeugverschleiß.

Mechanische Zerlegeverfahren

Mechanische Zerlegeverfahren beruhen auf dem mechanischen Abtrag des zu zerlegenden Materials. Die beim Trennen entstehenden Partikel (Späne, Stäube) sind leicht durch Filter/Abscheider aufzufangen.

Der Anwendungsbereich mechanischer Zerlegeverfahren umfasst alle Materialien gleichermaßen, insbesondere Metalle und Baustrukturen. Bestimmte mechanische Trennverfahren können aber bei komplizierten Geometrien oft nicht eingesetzt werden oder erlauben nur eine geringere Schnittgeschwindigkeit im Vergleich zu thermischen Trennverfahren. Hinsichtlich Staub- und Aerosolentwicklung kann es von Vorteil sein, langsamere Schnittgeschwindigkeiten zu bevorzugen.

Zu den mechanischen Verfahren zählen z.B.:

- Sägen (z.B. Bügel-, Stich-, Kreis-, Seil-, Ketten- und Bandsägen),
- Fräsen,
- Bohren, Kernbohren,
- Scheren (z.B. Trennscheren, Rohrscheren, Nibbeln, hydraulische Zangen),
- Trennschleifen,
- Schneiden (z.B. Wasserabrasivstrahlschneiden),
- Meißeln.

Thermische Zerlegeverfahren

Beim thermischen Zerlegen wird das zu zerlegende Material aufgeschmolzen. Thermische Zerlegeverfahren zeichnen sich durch hohe Schnittgeschwindigkeiten, geringe Rückstellkräfte und universelle Anwendbarkeit (auch bei geringem Raumangebot) aus.

Zu den erprobten und gängigen thermischen Verfahren zählen z.B.:

- autogenes Brennschneiden,
- Plasmaschmelzschnneiden,
- Kontakt-Lichtbogen-Metall-Schneiden (CAMC),
- Elektroerodieren (Funkenerosion FDM/EDM),

- Laserstrahl-Schneiden.

4.2.2. Dekontaminationsverfahren

Kontaminationen sind Verunreinigungen an der Oberfläche von Materialien durch radioaktive Stoffe. Durch geeignete Dekontaminationsverfahren lassen sich diese Verunreinigungen vom Trägermaterial entfernen und eine Reduzierung des anfallenden radioaktiven Abfalls erzielen.

Dekontamination ist erforderlich, um das eingesetzte Personal während des Abbaus zu schützen, Kontaminationsverbreitungen zu verhindern oder um abgebaute kontaminierte Materialien für die weitere Entsorgung, beispielsweise zur Freigabe, vorzubereiten.

Welches Verfahren angewendet wird, wird im Einzelfall entschieden. Es werden zusätzlich zu den oben genannten Kriterien folgende Auswahlkriterien berücksichtigt:

- Höhe und Art der Kontamination,
- Dekontaminationsziel,
- Zugänglichkeit der zu reinigenden Oberfläche,
- Strahlenschutz bei der Durchführung.

Mechanische Dekontaminationsverfahren

Bei mechanischer Dekontamination erfolgt die Reinigungswirkung durch eine direkte Bearbeitung der kontaminierten Oberfläche mit einem geeigneten Werkzeug. Mechanische Dekontaminationsverfahren setzen eine gute Zugänglichkeit der zu dekontaminierenden Bereiche voraus. Sie sind relativ einfach anwendbar und es fallen in der Regel leicht handhabbare Sekundärabfälle an. Je nach Verfahren sind relativ geringe Materialabträge (z.B. Wischen) bis relativ hohe Materialabträge (Strahlverfahren) erzielbar. Folgende Techniken werden unter anderem zum Einsatz gebracht:

- Wischen,
- Bürsten,
- Absaugen,
- Hochdruckreinigen, z.B. mittels Wasser, Dampf oder Trockeneis,
- Strahlen mit festen abrasiven Mitteln (z.B. Sand oder Stahlkörner),
- Schaben, Schmirgeln, Raspeln, Fräsen.

Chemische Dekontaminationsverfahren

Bei der chemischen Dekontamination wird das kontaminierte Material mit geeigneten Stoffen in Verbindung gebracht, um über chemische Reaktionen eine Dekontamination zu erreichen. Die chemische Dekontamination kann für Anlagenteile oder geschlossene Systeme eingesetzt werden. Es sind Bereiche von Anlagenteilen dekontaminierbar, die mit mechanischen Verfahren nicht ohne Weiteres zugänglich sind (z.B. Innenoberflächen von Armaturen). Es können verschiedene Dekontaminationsverfahren eingesetzt werden, die durch chemische Reaktion eine Dekontamination bewirken:

- elektrochemische Verfahren (z.B. Elektropolieren),
- Tauchbäder mit chemischen Zusätzen (Lösungsmittel, Laugen, Säuren, Komplexbildner),
- Dekontamination mit Oxidations-/Reduktionsmitteln.

Weitere Dekontaminationsverfahren

Neben den genannten Verfahren haben folgende Dekontaminationsverfahren praktische Bedeutung:

- Ultraschallreinigung,
- Abschälen von Kabelisolierungen,
- Schreddern und Separieren von Materialfraktionen.

Diese Dekontaminationsverfahren können Vorteile bei der Dekontamination schwer zugänglicher Stellen bieten.

4.2.3. Konditionierungsverfahren

Unter Konditionierung versteht man die Verarbeitung und Verpackung des radioaktiven Abfalls. Wenn es unter radiologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht sinnvoll ist, die abgebauten Materialien zu dekontaminieren, um sie freizumessen oder wiederzuverwerten, muss das Material als radioaktiver Abfall behandelt werden.

Die Arbeiten umfassen die Verarbeitung bzw. Behandlung der radioaktiven Abfälle und die Verpackung in einen geeigneten Abfall-Lagerbehälter. Die Konditionierungskampagnen können am Standort oder bei externen Einrichtungen durchgeführt werden. Ziel ist in jedem Fall eine Minimierung des Abfallvolumens unter Einhaltung der Bedingungen der Zwischen- bzw. Endlagerung und des öffentlichen Transportes.

Insbesondere können folgende Konditionierungsverfahren im KKG eingesetzt und ggf. auch miteinander kombiniert werden:

Hochdruckverpressung/Kompaktierung

Mit der Verpressung wird eine Volumenreduzierung erreicht. Feste Abfälle (z.B. Isolierungen, Metallschrotte, Kunststoffe) werden in Presstrommeln verfüllt und anschließend verpresst. Die daraus entstehenden Presslinge werden in Abfallbehälter endlagergerecht verpackt, in ein geeignetes Puffer- oder Zwischenlager transportiert und bis zur Abgabe an ein Bundesendlager gelagert.

Entwässerung/Trocknung/Zementierung

Das Trocknungsverfahren wird bei der Behandlung von feuchten radioaktiven Abfällen eingesetzt, um sicherzustellen, dass Korrosion, biologische Prozesse (z.B. Gärung) oder Gasbildung (z.B. Wasserstoff) bei einer längeren Lagerung in Abfallbehältern ausgeschlossen sind.

Nach einer Konditionierung von festen Abfällen durch Hochdruckverpressen werden noch feuchte Presslinge getrocknet.

Flüssige radioaktive Abfälle (wie z.B. Schlämme, Verdampferkonzentrate, Filterkonzentrate, Ionenaustauscher) und feuchte abrasive Mittel (Schleifmittel) werden entwässert und getrocknet. Dies kann in mobilen oder fest installierten Einrichtungen am Standort oder auch extern in dafür zugelassenen Einrichtungen durchgeführt werden.

Das Zementierungsverfahren kann eingesetzt werden, um z.B. Schlämme, Verdampferkonzentrate, Filterkonzentrate oder Ionenaustauscherharze mit Zement zu vermengen und zu verfestigen mit dem Ziel, ein endlagerfähiges Produkt herzustellen.

Die Zementierung dient gleichfalls zum Fixieren und zur sicheren Einbettung von radioaktivem Abfall in einem Behälter. Hier wird mit speziellen Verfahren der radioaktive Abfall in einem endlagerfähigen Behälter in einer Zement-Matrix (Beton) eingebunden (z.B. zur Fixierung von Fässern in endlagerfähigen Behältern).

Verbrennung

Für brennbare radioaktive Abfälle stehen externe, nach Atomrecht genehmigte Verbrennungsanlagen zur Verfügung. Die bei der Verbrennung erzeugten Rückstände (z.B. Aschen und Filterstäube) werden in Kartuschen oder Knautschtrommeln verpackt und anschließend unter hohem Druck ver-

presst. Die Presslinge (Abfallprodukte) werden in einem endlagerfähigen Abfallbehälter verpackt und somit wird ein Abfallgebinde hergestellt.

Einschmelzen von Metallschrotten

Das kontrollierte Einschmelzen von radioaktiven Metallschrotten wird in der Regel an einer externen Einrichtung erfolgen, die über die erforderlichen Genehmigungen verfügt. Die entstehenden Gießlinge werden entweder freigegeben, der schadlosen Verwertung nach Atomrecht zugeführt oder im Ausnahmefall als radioaktiver Abfall behandelt. Die entstehenden Schlacken und Filterstäube werden in der Regel als radioaktiver Abfall weiterbehandelt und an das KKG zurückgeführt.

Als weitere Konditionierungsverfahren können sich die Filtrierung, die Zerkleinerung oder die Sortierung anbieten.

4.3. Abbaueinrichtungen, Geräte, Werkzeuge

Es stehen derzeit eine Vielzahl von Verfahren und Gerätetechniken für Abbau, Demontage, Zerlegung und Konditionierung zur Verfügung, deren Eignung für den Abbau in anderen kerntechnischen Anlagen nachgewiesen wurde. Der Erfahrungsübertrag aus laufenden und abgeschlossenen Abbauprojekten ist eine wesentliche Planungsgrundlage für die Auswahl von Abbauverfahren und zugehöriger Gerätetechnik für den Abbau von Anlagenteilen des KKG.

Es kommen grundsätzlich nur bewährte Verfahren entsprechend dem derzeitigen Stand der Technik zum Einsatz. Neuartige und weiterentwickelte Verfahren und Gerätetechnik werden erst dann eingesetzt, wenn ihre Einsatzzeichnung bei Einhaltung der Schutzziele vorab nachgewiesen werden konnte.

Je nach den örtlichen Verhältnissen im Arbeitsbereich können manuelle oder fernhantierte/fernbediente Verfahren zum Einsatz kommen. Der Abbau kann als Trocken- oder als Nasszerlegung durchgeführt werden.

Manueller Abbau

Manuelle Arbeitsschritte bei Demontage, Abbau, Transport und Verpackung werden so ausgeführt, dass sämtliche Anforderungen des Arbeits-, Brand- und Strahlenschutzes berücksichtigt werden.

Manuelle Abbauarbeiten werden mit handgeführten Geräten bzw. Werkzeugen durchgeführt. In der Regel sind dies Standardausführungen industrieller Werkzeuge, wie z.B.:

- Schraubwerkzeuge,
- Metallbohrer und -fräser,
- Nibbler, Trennscheren, Rohrscheren,
- Bügel-, Stich-, Kreis-, Band-, Seilsägen,
- Trennschneider, Trennschleifer,
- Schneidbrenner,
- Presslufthämmer, Nadelhämmer,
- Kernbohrer, handgeführte Betonfräsen.

Bei Bedarf werden bei der Demontage von Anlagenteilen mit höherer spezifischer Aktivität die Abbauwerkzeuge – ggf. nach entsprechender Modifikation – manuell mit Stangenwerkzeugen geführt, um so den Abstand zwischen Abbaupersonal und Strahlungsquellen zu vergrößern (fernhandelter Abbau). Fernhandelte Arbeiten erfolgen z.B. unter Wasser von Brücken und Bühnen aus. Hierbei kann bei Erfordernis auch unterwassertaugliche Kamertechnik unterstützend eingesetzt werden.

Fernbedienter Abbau

Bei aktivierten und hochkontaminierten Anlagenteilen kann zur Sicherstellung des Strahlenschutzes ein fernbedienter Abbau durchgeführt werden. Fernbediente Abbauarbeiten (als Nass- oder Trockenzerlegung) und die Gerätetechnik können bei Kamera-Überwachung zentral von einem Leitstand aus gesteuert werden, der sich in einer größeren Entfernung von der jeweiligen Abbaueinrichtung (auch in einem Container außerhalb von Anlagengebäuden) befinden kann.

Nasszerlegung

Speziell für die Zerlegung und die Verpackung von Anlagenteilen mit hoher spezifischer Aktivität (hierunter fallen aktivierte Anlagenteile wie z.B. Reaktordruckbehältereinbauten) ist eine fernbediente bzw. fernhandelte Durchführung der Abbauarbeiten bei Verwendung von Abschirmungen zur Minimierung der Strahlenexposition des Abbaupersonals sinnvoll. Die Abschirmwirkung bei der Nasszerlegung wird dadurch erreicht, dass eine Wasserüberdeckung für den entsprechenden Arbeitsbereich vorgehalten wird.

Neben spezieller, extra für den spezifischen Einsatzzweck konstruierter Gerätetechnik kommt auch Standardtechnik zum Einsatz, die den Anforderungen eines Unterwasser-Einsatzes entsprechend angepasst wird.

Bei der Auswahl und der konstruktiven Gestaltung dieser Gerätetechnik, insbesondere der zugehörigen Leittechnik, wird sowohl die Unterwassertauglichkeit als auch eine gute Dekontaminierbarkeit der Ausführung berücksichtigt.

Spezielle, größtenteils mobile Reinigungsanlagen reinigen das Wasser während bzw. nach Abschluss der Nasszerlegearbeiten.

Trockenzerlegung

Für die Zerlegung und die Verpackung von Anlagenteilen mit einer geringen oder niedrigen spezifischen Aktivität ist eine abschirmende Wasserüberdeckung in der Regel nicht erforderlich. Sind aus Gründen des Strahlenschutzes (ALARA-Prinzip) andere Abschirmungen erforderlich, werden diese in Form von z.B. festinstallierten oder mobilen Wänden aus Blei, Stahl oder Beton bereitgestellt. Die Reinigung der Abluft innerhalb dieser Zerlegebereiche kann mit örtlichen Abluftfilteranlagen sichergestellt werden. Dadurch können die Zerlegung und die Verpackung von Anlagenteilen trocken, d.h. auf Trockenzerlegeplätzen bzw.-bereichen, durchgeführt werden.

5. Der Abbau des KKG

5.1. Allgemeines

In Deutschland sind bereits einige Kernkraftwerke endgültig abgeschaltet, stillgelegt und abgebaut worden. Für einige dieser Anlagen wurde die Methode des „direkten Rückbaus“ (Abbau) gewählt, die auch für das KKG vorgesehen ist. Bei dieser Methode beginnt der Abbau der Anlage direkt nach dem Nachbetrieb. Die Vorteile dieser Methode sind z.B.:

- erfahrene Mitarbeiter mit den erforderlichen Anlagenkenntnissen stehen in ausreichendem Umfang bereit,
- leistungsfähige, geprüfte und genehmigte Hilfsmittel und Hebezeuge stehen zur Verfügung,
- Arbeitsplätze werden erhalten,
- die notwendige Infrastruktur ist zum Großteil vorhanden.

EKK hat für seine bereits in Stilllegung und Abbau befindlichen Kernkraftwerke Würzgassen und Stade nach deren Stilllegung in den Jahren 1997 bzw. 2005 den Weg des direkten Abbaus gewählt und so bereits umfassende Erfahrungen beim Abbau sowohl von Druckwasserreaktoren als auch Siedewasserreaktoren sammeln können. Diese und auch weitere Erfahrungen wie etwa beim Abbau des Kernkraftwerks Greifswald haben gezeigt, dass der Abbau von kerntechnischen Anlagen auf der Grundlage von jahrzehntelangen Erfahrungen mit gängigen technischen Verfahren erfolgreich durchgeführt werden kann. Darüber hinaus wurde in diversen Rückbauprojekten im In- und Ausland nachgewiesen, dass diese Aufgabe problemlos und ohne Risiko für die Mitarbeiter, die Bevölkerung und die Umwelt erfolgen können.

EKK hat sich innerhalb der gleichwertigen Optionen nach § 7 Abs. 3 S. 1 AtG beim KKG für den direkten Abbau entschieden.

Der beantragte, nukleare Abbau findet weitgehend innerhalb der bestandskräftig genehmigten und betriebenen Kontrollbereichsgebäude statt. Die während des nuklearen Abbaus anfallenden Massen stellen nur einen kleinen Teil der Gesamtanlage dar. Der überwiegende Teil der abzubauenden Massen des KKG fällt im Rahmen des konventionellen Gebäudeabrisses an, der nicht zum hier beantragten Genehmigungsumfang gehört.

Die im Zusammenhang mit dem Abbau von Anlagenteilen stehenden Arbeiten (z.B. Ausbau, Demontage, Zerlegung, Konditionierung) werden gemäß BHB für die Stilllegung und den Abbau unter

Berücksichtigung aller relevanten Rahmenbedingungen geplant, abgewickelt und die damit verbundenen Änderungen dokumentiert.

Der Abbau von Anlagenteilen erfolgt nach folgenden Grundsätzen:

- Übergeordnet werden die Anforderungen des Strahlen-, des Arbeits- und des Brandschutzes beachtet.
- Solange sich noch Brennelemente oder Sonderbrennstäbe im BE-Lagerbecken befinden, finden nur Abbauarbeiten ohne Rückwirkung auf die sichere Lagerung, Handhabung und Kühlung des Kernbrennstoffs statt.
- Sollten im Arbeitsbereich Strahlenquellen vorhanden sein, werden diese soweit sinnvoll zwecks Reduzierung der Strahlenexposition des Abbaupersonals abgeschirmt oder wenn möglich entfernt.
- Abzubauende Systeme oder Teilsysteme werden von nicht oder später zu demontierenden Systemen oder Teilen an definiert vorgegebenen Stellen getrennt und gekennzeichnet. Die weiterbetriebenen Teilsysteme werden an den Schnittstellen (z.B. Grenzarmaturen) verschlossen.
- Vor dem Abbau baulicher Strukturen werden soweit erforderlich statische Untersuchungen durchgeführt.

Der Abbau von atomrechtlich genehmigten Anlagen und Anlagenteilen im KKG erfolgt in zwei Genehmigungsphasen, die sich zeitlich überlagern können.

Weiterhin erfolgen mit dem Abbaufortschritt zusammenhängende systemtechnische Anpassungen sowie abbaugerichtete Änderungen der Restbetriebssysteme. Gegebenenfalls werden Funktionen von Restbetriebssystemen – z.B. wenn sie für die verbliebenen Anforderungen überdimensioniert sind oder den Abbau behindern – von geeigneten Ersatzsystemen übernommen. Hierzu werden systemtechnische und administrative Anpassungen und Ersatzmaßnahmen erforderlich. Dies betrifft im Wesentlichen:

- Lüftung,
- Beleuchtung,
- Stromversorgung,
- Deionatversorgung,
- Abwasseraufbereitung,
- Druckluftversorgung,
- Kommunikationseinrichtungen,

- Brandschutz,
- Zugangsregelungen,
- Flucht- und Rettungswege,
- Messeinrichtungen zur Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung.

Während der beiden Abbauphasen werden alle kontaminierten und aktivierten Anlagenteile aus dem Kontrollbereich abgebaut und entsorgt. Abschließend wird die Kontaminationsfreiheit der Gebäude und des Geländes nachgewiesen. Nach Freigabe der Gebäude und des Geländes wird die Anlage aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen. Ein Abriss der Gebäude erfolgt nach Maßgabe des dafür einschlägigen Rechts.

Da z.Zt. kein Bundesendlager für schwach- und mittelaktive Abfälle zur Verfügung steht, werden die radioaktiven Abfälle zwischengelagert, bis diese an ein Bundesendlager abgeliefert werden können. Für die Anlage KKG steht dafür das Zwischenlager Mitterteich oder andere Zwischenlager zur Verfügung. Alternativ kann ggf. auch eine Transportbereitstellung in der geplanten Bereitstellungshalle (BeHa) erfolgen.

5.2. Abbauphase 1

5.2.1. Phasenabschnitte

Zur Planung des zeitlichen Ablaufs und zur Erläuterung unterschiedlicher verfahrenstechnischer Anlagenzustände wird die Abbauphase 1 in mehrere Abschnitte aufgeteilt.

Abbauphase 1 Abschnitt A (kurz 1A) – Es befinden sich noch BE im BE-Lagerbecken:

Mit Vorliegen und Inanspruchnahme der 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung beginnen die Stilllegung und der Abbau. Im BE-Lagerbecken befinden sich sowohl bestrahlte BE als auch einzelne Sonderbrennstäbe. Daher können die Abbautätigkeiten nur soweit erfolgen, wie die Rückwirkungsfreiheit auf die sichere Lagerung, Handhabung und Kühlung des Kernbrennstoffs sichergestellt ist. Die BE werden sukzessive aus dem BE-Lagerbecken entfernt und in das Standort-Zwischenlager für bestrahlte BE des KKG (KKG-BELLA) verbracht. Mit abnehmender Anzahl von bestrahlten BE im BE-Lagerbecken sinkt die verbleibende Nachzerfallsleistung.

Abbauphase 1 Abschnitt B (kurz 1B) – BE-Freiheit:

In diesem Abschnitt befinden sich nur noch einzelne Sonderbrennstäbe in der Anlage. Die im BE-Lagerbecken verbleibende Zahl an Sonderbrennstäben erfordert auch nach Abtransport der BE eine angemessene Wasserüberdeckung zur Abschirmung der radioaktiven Strahlung. Der Betrieb von Kühlsystemen ist hingegen nicht mehr erforderlich.

Abbauphase 1 Abschnitt C (kurz 1C) – Kernbrennstofffreiheit:

Alle Brennelemente und Sonderbrennstäbe sind in das KKG-BELLA überführt worden. Daher ist das KKG frei von Kernbrennstoffen im Sinne des § 2 AtG. Eine Rückwirkung auf Brennelemente und Sonderbrennstäbe ist damit ausgeschlossen.

Das BE-Lagerbecken wie auch das Reaktorbecken und der Abstellraum enthalten ggf. noch kontaminierte und/oder aktivierte Bauteile. Aus Strahlenschutzgründen sind diese Bereiche nach Bedarf weiter mit Wasser gefüllt.

Rückwirkungsfreiheit

In den Abbauphasen 1A und 1B erfolgt der Abbau von Systemen und Einrichtungen unter der Maßgabe der Rückwirkungsfreiheit auf den Kernbrennstoff hinsichtlich der einzuhaltenden Schutzziele.

Die Rückwirkungsfreiheit möglicher Abbauarbeiten gegenüber der Lagerung und dem Abtransport von bestrahlten Brennelementen wird durch die getroffenen Absicherungsmaßnahmen sichergestellt. Derartige Maßnahmen sind z.B.:

- Auslegung des Reaktorgebäudekrans, der BE-Lademaschine und der Lastaufnahmemittel gemäß dem kerntechnischen Regelwerk,
- geeignete Auslegung neu eingesetzter Gerätetechnik,
- regelmäßig durchgeführte Wiederkehrende Prüfungen an diesen Einrichtungen, die den geforderten auslegungsgemäßen Zustand gewährleisten, sowie
- technische und administrative Maßnahmen, die ein Überfahren des BE-Lagerbeckens mit schweren Lasten verhindern, sofern dies nicht für den Abtransport der Brennelemente oder der Sonderbrennstäbe erforderlich ist.

5.2.2. Schutzziele

Aufgrund der Lagerung von bestrahltem Kernbrennstoff im BE-Lagerbecken gelten während der Stilllegung und des Abbaus wie auch im Leistungs- und Nachbetrieb die vier Schutzziele:

- „Kontrolle der Reaktivität“,
- „Kühlung der Brennelemente“,
- „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ und
- „Begrenzung der Strahlenexposition“.

Bei der Einhaltung dieser Schutzziele ist auch die Einhaltung des übergeordneten radiologischen Sicherheitsziels „Schutz vor ionisierender Strahlung“ gewährleistet.

Alle Systeme und Einrichtungen, die während der einzelnen Abbauphasenabschnitte zur Erfüllung der bestehenden Schutzziele (direkt oder indirekt) erforderlich sind (z.B. Kühlung der im Becken lagernden bestrahlten Brennelemente), werden in dieser Zeit weder stillgesetzt noch abgebaut. Diese Funktionen dürfen auch nicht in irgendeiner anderen Weise durch die durchgeführten Abbauarbeiten beeinträchtigt oder gestört werden.

Kontrolle der Reaktivität

Durch die Geometrie bzw. die Auslegungsmerkmale der Lagergestelle im BE-Lagerbecken und der für die Zwischenlagerung verwendeten Transport- und Lagerbehälter ist die erforderliche Unterkritikalität der Brennelemente in der Abbauphase 1A gewährleistet. Daher ist die Einhaltung dieses Schutzziels sichergestellt.

Kühlung der Brennelemente

Die bestrahlten Brennelemente befinden sich im BE-Lagerbecken, welches mit Wasser gefüllt ist. Die Lagerung der Brennelemente erfordert eine Abführung der Nachzerfallswärme, die an das Wasser des BE-Lagerbeckens abgegeben wird. Die Wärme wird über Zwischenkühlkreise abgeführt und über das Nebenkühlwasser an den Main abgegeben. Ab Abschnitt 1B wird die Wasservorlage im Becken ggf. noch zu Abschirmzwecken benötigt. Eine Berücksichtigung des Schutzziels kann nun entfallen.

Einschluss der radioaktiven Stoffe

Auch während des Abbaus wird Vorsorge für den Einschluss der radioaktiven Stoffe im Kontrollbereich getroffen. Die Rückhaltung von radioaktiven Stoffen wird u.a. durch gestaffelte Barrieren wie die Stahlbetonhülle des Reaktorgebäudes, den Sicherheitsbehälter und weitere Gebäude des Kontrollbereichs sichergestellt.

Die Rückhaltung der Aktivität in der Luft wird durch den Betrieb der Lüftungssysteme erreicht, z.B. durch die Gewährleistung einer gerichteten Luftströmung von außen in den Kontrollbereich bzw. gerichtet aus Raumbereichen mit niedrigem Aktivitätsinventar in Bereiche mit höherem Aktivitätsinventar. Dieses Grundprinzip wird, unter Anpassung an die jeweiligen Erfordernisse, während der gesamten Abbauphase beibehalten.

Die Rückhaltung der radioaktiven Stoffe im Wasser wird durch die vorhandene Abwasseraufbereitung, Systemgrenzen sowie die Gebäudehüllen gewährleistet.

Begrenzung der Strahlenexposition

Die Begrenzung der Strahlenexposition sowie die Kontrolle des Aktivitätsinventars in der Anlage werden durch die konsequente Sicherstellung der Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung in der Anlage und in der Umgebung sowie durch den technischen, administrativen und baulichen Strahlenschutz während der gesamten Abbauphasen des KKG gewährleistet, z.B. durch:

- eine klare räumliche Trennung zwischen nuklearen und konventionellen Teilen der Anlage, so dass die radioaktiven Stoffe auf definierte Bereiche beschränkt sind,
- Abschirmungen und Rückhaltung (Lüftung) zur Minimierung der Strahlenexposition des Personals,
- eine Rückhaltung und Minimierung der Abgabe fester, flüssiger und gasförmiger radioaktiver Stoffe an die Umgebung,
- Einhausungen,
- gerichtete Luftströmung,
- Verhinderung der Weiterverbreitung radioaktiver Stoffe, z.B. durch ein Kontaminationszonenkonzept,
- administrative Vorgaben bei der Arbeitsplanung.

5.2.3. Abbauumfang in Abbauphase 1

In der Abbauphase 1 werden sowohl nicht kontaminierte als auch aktivierte und kontaminierte Anlagenteile im Kontrollbereich des KKG sowie Anlagenteile abgebaut, deren Bau, Errichtung und Betrieb – unabhängig von der strahlenschutzseitigen Zuordnung des Einbauorts als Kontrollbereich bzw. Überwachungsbereich – atomrechtlich genehmigt wurden.

Abbauvorhaben während der Abbauphase 1 werden in allen Gebäuden oder Gebäudebereichen abgewickelt. Es werden nur Systeme, Einrichtungen und Anlagenteile mit den zugehörigen Versorgungseinrichtungen abgebaut, die nicht mehr für den Restbetrieb benötigt werden. Dies erfolgt unter der Maßgabe der Rückwirkungsfreiheit auf noch im BE-Lagerbecken lagernde bestrahlte Brennelemente und Sonderbrennstäbe hinsichtlich der einzuhaltenden Schutzziele.

Die Abbauphase 1 umfasst im Wesentlichen:

- die Zerlegung und die Verpackung des Reaktordruckbehälterdeckels,
- den Abbau und die Verpackung der Dampferzeuger, des Druckhalters mit Abblasetank sowie der Hauptkühlmittelpumpen,
- die Zerlegung und Verpackung von Rohrleitungen und Komponenten wie Speisewasserleitungen, Frischdampfleitungen, Hauptkühlmittel- und Kühlwasserleitungen,
- den Abbau, die Zerlegung und die Verpackung beweglicher und fester Reaktordruckbehältereinbauten,
- den Abbau von weiteren radioaktiv kontaminierten/aktivierten Anlagenteilen im Kontrollbereich,
- den Abbau von Anlagenteilen außerhalb des Kontrollbereichs, die der atomrechtlichen Überwachung unterliegen,
- den Abbau von kontaminierten/aktivierten Betonstrukturen und deren Entsorgung, sowie ggf. der Einbau statischer Ersatzmaßnahmen,
- Dekontamination von kontaminierten Betonstrukturen,
- Freigabe gemäß § 29 StrlSchV,
- Herausbringen von beweglichen Gegenständen aus dem Kontrollbereich zur Wiederverwendung gemäß § 44 StrlSchV,
- Herausgabe von Stoffen aus dem Überwachungsbereich,
- Abgabe von radioaktiven Stoffen an andere Genehmigungsinhaber.

Ferner werden in der Abbauphase 1 folgende Arbeiten im Sicherheitsbehälter durchgeführt:

- die Herstellung von Arbeitsbühnen und Einrichtungen im Sicherheitsbehälter für die spätere RDB-Zerlegung und
- die Schaffung von Transportöffnungen.

Darüber hinaus sind dem Abbauumfang in Phase 1 Anlagenteile zuzuordnen, die – sofern nicht mehr für den Restbetrieb benötigt – im Rahmen von räumlichen Nutzungsänderungen sowie für die Schaffung bzw. den Ausbau von Transportwegen abgebaut werden müssen.

Als Aufstellungsorte für die Technik zur Zerlegung und Handhabung sowie zur Verpackung von Zerlegeteilen aus dem Abbau der RDB-Einbauten steht der Reaktordruckbehälter und der Bereich des Reaktorraum-Abstellbeckens sowie nach Entfernen des Kernbrennstoffs das BE-Lagerbecken zur Verfügung.

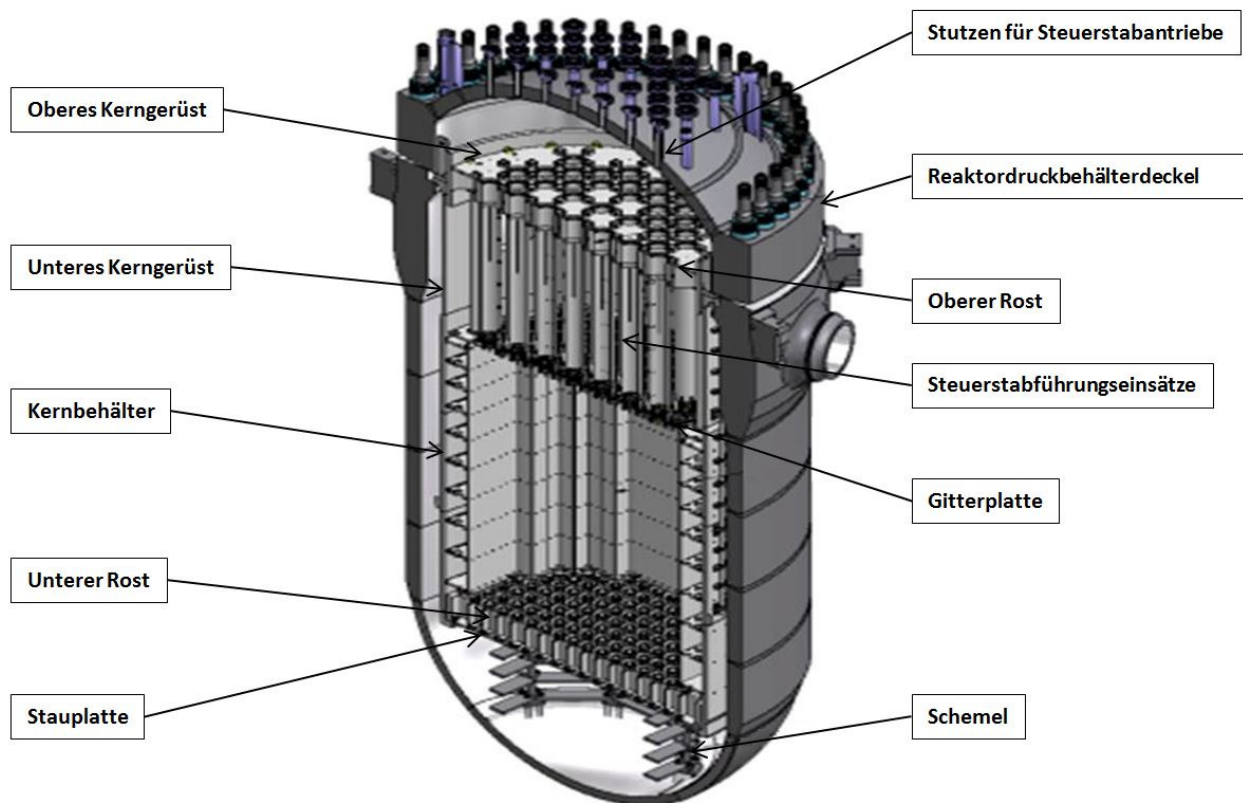
Im Folgenden werden der Abbau wichtiger Anlagenteile sowie relevante Entsorgungsarbeiten, die in der Abbauphase 1 durchgeführt werden, näher beschrieben. Im Zuge des Abbaufortschritts und der entsprechenden Anpassung des Umfangs der Restbetriebssysteme können Systeme oder Teilsysteme durch Ersatzsysteme abgelöst werden.

Abbau RDB-Einbauten

Unteres Kerngerüst (UKG), Oberes Kerngerüst (OKG) und Kernschemel werden als RDB-Einbauten bezeichnet und haben eine Masse von ca. 141 Mg.

Abbildung 5.1 zeigt den Zustand der RDB-Einbauten im RDB im zusammengesetzten Zustand. Aufgrund ihrer Einbaulage in unmittelbarer Nähe zur aktiven Zone sind die RDB-Einbauten stark aktiviert.

Abbildung 5.1: Reaktordruckbehälter mit Kerneinbauten



Unteres Kerngerüst

Das UKG besteht im Wesentlichen aus dem Kernbehälter, dem unteren Rost und der Stauplatte. Die Kernumfassung des Kernbehälters umschließt mit Hilfe von Kernumfassungsblechen strömungsdicht die vieleckige Kontur des Reaktorkerns. Kernumfassungsbleche und Kernbehälter-Mantel sind über entsprechend konturierte, verschraubte Formrippen miteinander verbunden.

Die Bodenzentrierung der Brennelemente erfolgt über den Unteren Rost. Unterhalb des unteren Rosts ist die Stauplatte zur Vergleichmäßigung der Kühlmittelanströmung angeordnet.

Oberes Kerngerüst

Das OKG besteht im Wesentlichen aus dem oberen Rost mit Deckplatte, der Gitterplatte sowie den Steuerstabführungseinsätzen. Es bildet den oberen Abschluss des Reaktorkerns und nimmt die Steuerstabführungen auf. Am oberen Ende des oberen Kerngerüsts ist der biegesteife obere Rost mit der Deckplatte angeordnet. Über den gesamten Querschnitt des Kerns verteilte Tragstangen

verbinden die vielfach gebohrte Gitterplatte zur Zentrierung von Brennelementen und Steuerstabführungen mit dem oberen Rost.

Kernschemel

Der Kernschemel dient zur Strömungsführung während des Leistungsbetriebs. In der RDB-Kalotte verschraubte Kernschemel-Steher führen bis in die Stauplatte des UKG. Zueinander fixiert werden die Kernschemel-Steher über mehrere Blechlagen.

Abbau-Methoden

Zerlegung und Verpackung der RDB-Einbauten sollen fernbedient bzw. fernhantiert hauptsächlich unter Wasser erfolgen. Wasser dient hierbei zur Abschirmung bei Zerlegung und Verpackung. Zerlege- und Verpackungsplätze werden im gefluteten Reaktor-, Abstell- und Achtkantbecken und im RDB selber installiert und betrieben. Ab dem Vorliegen von Kernbrennstofffreiheit kann auch das BE-Lagerbecken hierfür genutzt werden.

Für die Zerlegung der RDB-Einbauten ist eine Vielzahl von Verfahren und Techniken geeignet, die in der Vergangenheit in vergleichbaren Projekten ihre Eignung und Betriebsbewährung nachweisen konnten. Der Zerlegeaufgabe angepasst kommen unterwassertaugliche Werkzeuge und Geräte zum Einsatz. Neben mechanischen Verfahren (z.B. Sägen, Fräsen, Schneiden mit Abrasivstrahlmitteln) können auch geeignete thermische Verfahren eingesetzt werden. Sofern aus Platz- und Logistikgründen eine parallele Zerlegung und Verpackung von UKG und OKG nicht möglich ist, erfolgt eine serielle Abarbeitung.

Zerlegte RDB-Einbauten werden, sofern diese in hochabschirmende MOSAIK-Behälter oder hochabschirmende Stahlblechcontainer einzubringen sind, zunächst in Einsatzkörbe verbracht. Gefüllte Einsatzkörbe werden den MOSAIK-Behältern entweder direkt unter Wasser oder mit Hilfe einer Abschirmglocke trocken zugeführt. Bei Einsatz einer Abschirmglocke wird der gefüllte Einsatzkorb in diese eingezogen und in einer zugehörigen Verpackungsstation auf der Beckenflurebene in die bereitgestellten MOSAIK-Behälter bzw. Stahlblechcontainer eingebracht. Die beladenen MOSAIK-Behälter werden dann in entsprechenden Einrichtungen des KKG geschlossen, entwässert und getrocknet. Nach Prüfung auf Dichtheit können diese zur Transportbereitstellung abtransportiert werden.

Zerlegte RDB-Einbauten, die in Stahlblechcontainer eingebracht werden können, werden diesen direkt oder mittels Lagergestellen zugeführt. Der zugehörige Trocken-Verpackungsplatz befindet sich auf der Beckenflurebene in unmittelbarer Nähe zu den Unterwasser-Zerlegeplätzen.

Die Transportbereitstellung von MOSAIK-Behältern und Stahlblechcontainern bis zur Verfügbarkeit eines Endlagers erfolgt im Zwischenlager Mitterteich, in anderen Zwischenlagern oder ggf. in der geplanten Bereitstellungshalle (BeHa) am Standort des KKG.

Einrichtungen des Reststoffbehandlungszentrums RBZ werden für Zerlegung und Verpackung der RDB-Einbauten nicht oder nur in geringem Umfang benötigt.

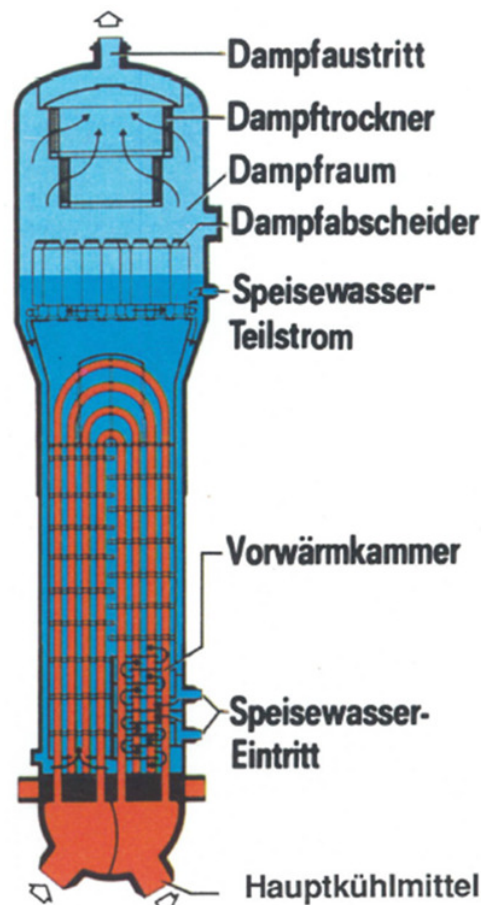
Sofern radioaktive Betriebsabfälle wie z.B. Steuerelemente, Steuerelement-Antriebsstangen, Drosselkörper, Kerninstrumentierungsplanzen und Füllstandsonden nicht zuvor im Rahmen von Entsorgungskampagnen im Nachbetrieb zerlegt und verpackt wurden, erfolgt dies zusammen mit den RDB-Einbauten.

Abbau Dampferzeuger

Die vier Dampferzeuger (DE) mit einer Masse von jeweils ca. 365 Mg sind Wärmetauscher, die den Primärkühlkreislauf vom Sekundärkühlkreislauf trennen. Das Wasser des Primärkühlkreislaufs tritt von unten über die Kalotte in den DE ein und durchläuft die U-förmigen Heizrohre. Dabei wird das Wasser des Sekundärkühlkreislaufes auf der äußeren Seite der Heizrohre erhitzt. Nach Wärmeaustausch über die Heizrohre verlässt das Primärkreislaufwasser den DE über die Kalotte und strömt in den RDB zurück.

Die DE-Kalotten mit den Ein- und Austrittsstutzen und die Heizrohre sind nach erfolgter Systemdekontamination innen in geringem Maße restkontaminiert. Alle weiteren Bauteile der DE sind nahezu kontaminationsfrei.

Abbildung 5.2: Schematische Darstellung eines Dampferzeugers



Für den Abbau, die Zerlegung und den Abtransport der DE gibt es zwei verschiedene Varianten:

Variante „Abbau der Dampferzeuger in situ“

Bei dieser Variante werden die DE in Einbaulage zerlegt. Der obere DE-Teil (Dampfdom) und der DE-Mantel sind der Sekundärseite zuzuordnen und somit nicht kontaminiert.

Im unteren Teil befinden sich die U-förmigen Heizrohre und die DE-Kalotte die mit Primärkühlmittel beaufschlagt waren. Die Auswahl der einzusetzenden Zerlegeverfahren (z.B. fernbediente/fernhandierte Werkzeuge oder Wasservorlagen zur Abschirmung) orientiert sich im Wesentlichen an der Verfahrens- und Arbeitssicherheit sowie übergeordnet der Minimierung der Strahlenexposition des beteiligten Abbaupersonals.

Die beim Abbau des oberen DE-Teils, des DE-Mantels, des DE-Rohrbodens und der unteren DE-Kalotte einzusetzenden Zerlegeverfahren orientieren sich ebenfalls im Wesentlichen an der Verfah-

rens- und Arbeitssicherheit sowie übergeordnet der Minimierung der Strahlenexposition des beteiligten Abbaupersonals. Es können aber aufgrund der geringeren radiologischen Anforderungen einfachere Verfahren zur Anwendung kommen.

Variante „Abbau der Dampferzeuger über externe Konditionierung“

Hierbei werden die einzelnen DE von den anschließenden Systemen und Strukturen freigeschnitten und in einem Stück mit Hilfe vorhandener Krananlagen aus dem Reaktorgebäude gehoben. Nach dem Transport zu einem externen Dienstleister erfolgt dort die Weiterbehandlung und Zerlegung. Da die Dampferzeuger aufgrund ihrer Größe nicht durch die vorhandene Materialschleuse passen, wird diese im Vorwege ausgebaut und ggf. durch eine angepasste Schleuse ersetzt.

Ebenfalls möglich ist das Trennen der Dampferzeuger in Oberteil (Dom) und Unterteil (Rohrbündelteil). Unter Umständen ergeben sich hierbei logistische Vorteile beim Transport.

Die endgültige Auswahl der Abbauvariante erfolgt nach entsprechenden Studien und den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Randbedingungen. Die auf dieser Grundlage getroffene Entscheidung der EKK wird im Rahmen des aufsichtlichen Verfahrens der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde vorgelegt und bewertet.

Abbau RDB-Deckel

Der RDB-Deckel besteht aus der Deckel-Kalotte, die bodenseitig im Flansch zur Durchführung der Deckelstiftschrauben endet und die Stützen zur Halterung der Steuerstabantriebe aufnimmt. Der RDB-Deckel hat eine Masse von ca. 101 Mg. Innenwandig ist der RDB-Deckel nach erfolgter Systemdekontamination restkontaminiert.

Die Steuerstabantriebe werden mit betrieblichen Hilfsmitteln demontiert, zu Nachzerlegeeinrichtungen (z.B. im RBZ) transportiert, dort zerlegt und verpackt. Der Deckel lässt sich mittels Sägen auf Transportmaß zerlegen, um zu Nachzerlegeeinrichtungen transportiert und dort entsorgungsgerecht zerlegt und verpackt zu werden.

Abbau Hauptkühlmittelpumpen

Zur Umwälzung des Kühlmittels im Primärkühlkreislauf ist in jedem der vier Kreisläufe eine Hauptkühlmittelpumpe installiert. Die Hauptkühlmittelpumpe hat ohne Motor eine Masse von ca. 45 Mg. Innenwandig wurde sie mit Primärkühlmittel beaufschlagt und ist nach erfolgter Systemdekontamination restkontaminiert.

Motoren, Laufzeuge sowie Lager der Hauptkühlmittelpumpen werden mit Hilfe betrieblicher Werkzeuge gezogen und zu Nachzerlegeeinrichtungen transportiert, um dort nach ggf. zusätzlicher Dekontamination zerlegt und verpackt zu werden. Nach Trennen der Pumpengehäuse von den einbindenden Leitungen des Primärkreislaufes werden diese in Nachzerlegeeinrichtungen (z.B. im RBZ) zerlegt und verpackt.

Abbau Druckhalter

Der Druckhalter erzeugt den für den Leistungsbetrieb des Primärkühlkreislaufs erforderlichen Druck und gleicht temperaturbedingte Volumenschwankungen des Kühlmittels aus. Die hierfür erforderliche Druckhalterheizung befindet sich im Boden des Behälters. Der Druckhalter hat eine Masse von ca. 137 Mg. Der Druckhalter ist innenwandig mit Primärkühlmittel beaufschlagt gewesen und nach Systemdekontamination restkontaminiert.

Der Druckhalter kann vor Ort von oben nach unten schrittweise manuell zerlegt werden. Ausgebauete Teile werden vor Ort verpackt und dem RBZ zugeführt.

Weitere Abbaumaßnahmen

Weiterhin werden Abbaumaßnahmen an für den Restbetrieb nicht mehr benötigten Anlagenteilen durchgeführt, z.B.:

- Abbau von radioaktiv kontaminierten Anlagenteilen im Kontrollbereich,
- die Zerlegung und Verpackung von Rohrleitungen und Komponenten wie Speisewasserleitungen, Frischdampfleitungen, Hauptkühlmittel- und Kühlwasserleitungen,
- Abbau von Anlagenteilen außerhalb des Kontrollbereichs, die der atomrechtlichen Genehmigung unterliegen,
- den Abbau von kontaminierten Betonstrukturen und deren Entsorgung.

Zur Anwendung kommen die im Abschnitt 4.3 beschriebenen Abbaueinrichtungen, Geräte und Werkzeuge.

Abtransport der Brennelemente

Handhabung und Verpackung bestrahlter Brennelemente in Transport- und Lagerbehälter werden unter Wasser mit den gleichen Handhabungseinrichtungen durchgeführt wie auch während des Leistungs- und Nachbetriebs. Hierfür erforderliche Einrichtungen stehen bis zur Herstellung der Kernbrennstofffreiheit zur Verfügung.

Nach der Beladung der Transport- und Lagerbehälter werden die Behälter in das Standortzwischenlager KKG-BELLA transportiert und dort zwischengelagert.

Abtransport der Sonderbrennstäbe

Vor dem Verpacken in einen Transport- und Lagerbehälter werden die Sonderbrennstäbe in Köchern getrocknet und gasdicht gekapselt. Anschließend werden diese Köcher, die die Außengeometrie von Brennelementen aufweisen, analog zu Brennelementen und mit den gleichen Einrichtungen in einen Transport- und Lagerbehälter verpackt.

Nach der Beladung des Transport- und Lagerbehälters wird der Behälter in das Standort-Zwischenlager KKG-BELLA transportiert und dort zwischengelagert.

5.3. Abbauphase 2

5.3.1. Schutzziele

In der Abbauphase 2 gelten nur noch die Schutzziele „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ und „Begrenzung der Strahlenexposition“ mit dem übergeordneten radiologischen Sicherheitsziel „Schutz vor ionisierender Strahlung“.

5.3.2. Abbauumfang in Abbauphase 2

Die Abbauarbeiten der Phase 1 werden fortgesetzt. Die Abbauphase 2 umfasst zusätzlich folgende Tätigkeiten:

- den Abbau des RDBs,
- das Fortsetzen des Freiräumens des Sicherheitsbehälters und Abbau des biologischen Schildes.

Im Verlauf der Abbauphase 2 werden die sich auf dem Betriebsgelände befindlichen Kontrollbereichsgebäude freigeräumt von kontaminierten oder aktivierten Bauteilen oder Materialien und deren Baustrukturen, falls notwendig, dekontaminiert. Der Nachweis der geforderten Kontaminationsfreiheit wird zu diesem Zeitpunkt durch erfolgreichen Abschluss des Freigabeverfahrens nach § 29 StrlSchV erbracht. Alle Strahlenschutzbereiche in den Gebäuden werden aufgehoben.

Mit Abschluss der Abbauphase 1 und 2 kann die Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung erfolgen.

Im Folgenden wird der Abbau wichtiger Anlagenteile, der in der Abbauphase 2 durchgeführt wird, näher beschrieben.

Abbau des Reaktordruckbehälter-Unterteils

Nachdem die RDB-Einbauten sowie der RDB-Deckel in der Abbauphase 1 zerlegt, verpackt und abtransportiert wurden, erfolgt nun die fernbediente bzw. fernhantierte Zerlegung des RDB-Unterteils.

Vorliegende Erfahrungen favorisieren die thermische Zerlegung des RDB-Unterteils. Mechanische Trennverfahren kommen unterstützend für spezielle Aufgabenstellungen zum Einsatz. Eingesetzt werden ausschließlich erprobte Demontage- und Zerletechniken. Die Auswahl der einzusetzenden Zerlegetechniken orientiert sich im Wesentlichen an der Verfahrens- und Arbeitssicherheit sowie übergeordnet an der Minimierung der Strahlenexposition des beteiligten Abbaupersonals.

Wenn die radiologischen Bedingungen es zulassen, kann die Zerlegung des RDB-Unterteils in verpackungsgerechte Stücke im BE-Lagerbecken stattfinden. Dazu kann auf Erfahrungen aus dem KKS zurückgegriffen werden. Für die Arbeiten wird das RDB-Unterteil mit dem RG-Kran aus der Reaktorgrube gehoben und auf den Zerlegeplatz im BE-Lagerbecken verbracht. Dies ist aufgrund der Masse des RDB-Unterteils nur möglich, nachdem zuvor der RDB-Flansch mit den Loop-Ein- und -Austrittsöffnungen vom restlichen RDB-Unterteil (zylindrischer Teil mit Kalotte) abgetrennt worden ist. Dies erfolgt nach bodenseitiger und seitlicher Abstützung mittels thermischer Trennverfahren trocken in Einbaulage.

Nach dem Ablegen des RDB-Flanschrings im Dampferzeugerraum oder auf dem Deckel-Abstellplatz wird das restliche RDB-Unterteil anschließend an den RG-Kran angeschlagen, auf einen Zerlegetisch in das BE-Lagerbecken transportiert und dort abgesetzt. Mit einem Plasmaschneider kann der zylindrische Teil des RDB bis hinab zur Kalotte fernbedient/fernhandelt segmentiert werden.

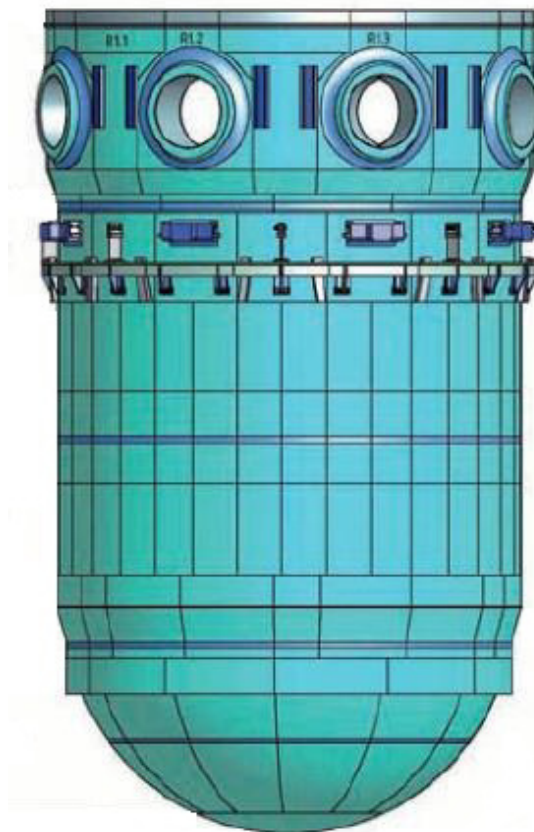
Zur Zerlegung der Kalotte wird die Unterkonstruktion auf dem Zerlegetisch umgebaut und die Kalotte vor Zerlegebeginn mit einem Schlackeabsaugsystem von Schlacke und Schneidrückständen gereinigt. Analog dem zylindrischen Teil wird die Kalotte zerlegt.

Nach Abschluss der Zerlegung der Kalotte wird der RDB-Flanschring von der Lagerposition auf den entsprechend vorbereiteten Zerlegetisch in das BE-Lagerbecken transportiert. Da die Dichtfläche des RDB-Flansches plattiert ist, werden zunächst mechanische Keilschnitte mit einer Spezialfräse in die Flanschoberseite eingebracht, sodass im nächsten Arbeitsgang der Flanschring fernbedient thermisch in Segmente geschnitten werden kann.

Die Einzelsegmente von RDB-Flanschring, zylindrischem Teil des RDB sowie der Kalotte werden in Endlager-Container eingebracht und bis zum Abtransport in ein Bundesendlager zwischengelagert.

Eine beispielhafte Basisschnittplanung für das RDB-Unterteil ist in Abbildung 5.3 dargestellt. Das im KKG konkret angewendete Zerlegeverfahren und die genaue Lage der Schnitte werden in einem späteren Verfahren festgelegt.

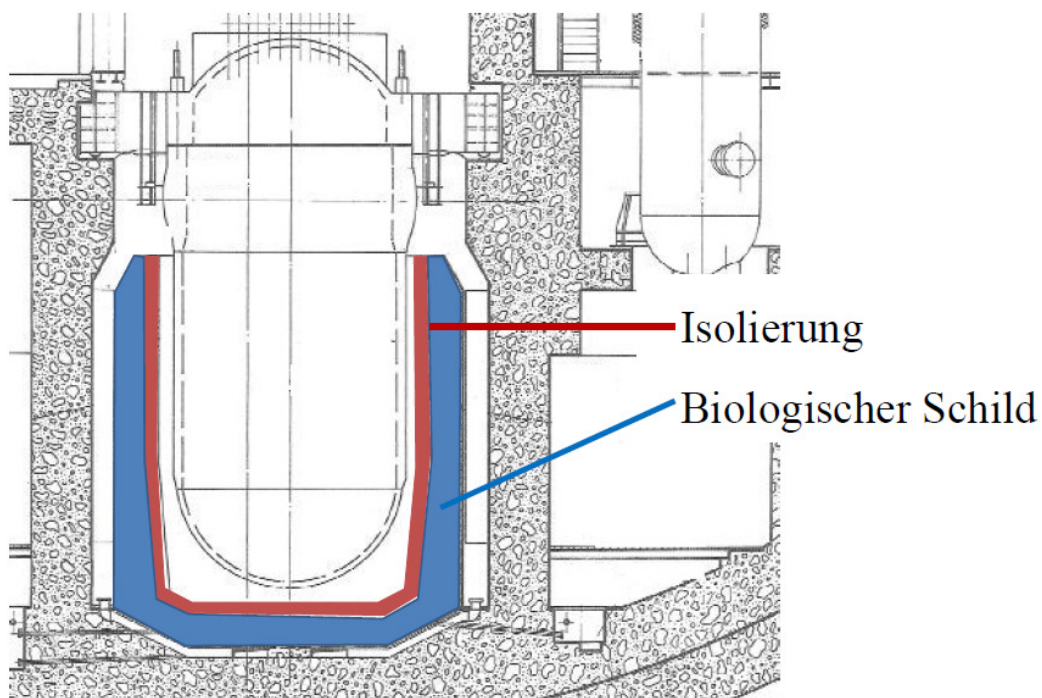
Abbildung 5.3: Unterteilung des RDB in endlagergerechte Einzelsegmente (Beispiel)



Abbau Biologischer Schild

Der Reaktordruckbehälter ist in seiner Einbaulage vom Biologischen Schild umgeben. Der Biologische Schild ist ein als Topf ausgeführter Betonmantel mit innenliegender Isolierung, der keine statische Funktion für das Gebäude hat, sondern nur zur Abschirmung des Reaktordruckbehälters dient. Abbildung 5.4 zeigt den RDB in Einbaulage mit dem ihn umgebenden Biologischen Schild. Isoliermaterial sowie Beton und Stahlstrukturen des Biologischen Schildes (z.B. Auskleidungsbleche, verlorene Schalungen, Bewehrung) sind aufgrund ihrer unmittelbaren Nähe zum RDB aktiviert.

Abbildung 5.4: RDB in Einbaulage mit Biologischem Schild



Für den Abbau des Biologischen Schildes sind mehrere Varianten zur Umsetzung denkbar, die auch miteinander kombiniert werden können. Vor dem Abbau der Betonstruktur des Biologischen Schildes ist der Abbau der Isolierschicht erforderlich. Dies kann alternativ z.B. manuell direkt oder fernhantiert von einer abgeschirmten Arbeitsplattform aus erfolgen.

Einer Vorgehensweise folgend, die bereits in verschiedenen Kernkraftwerken, so auch im Kernkraftwerk Stade, angewendet wurde, kann der Biologische Schild mittels Seil- und Kreissägetechnik abgebaut werden. Die abgetrennten Betonblöcke werden aus der Einbaulage in der Reaktorgrube herausgehoben und z.B. in einem Trockenzerlegebereich nachzerlegt, um zur Minimierung des radioaktiven Abfalls die äußeren Teile des Biologischen Schildes einer Freigabe zuzuführen.

Nach erfolgtem Abbau des Biologischen Schilts und der Entfernung der Beckenauskleidung kann damit begonnen werden, die Betonstrukturen des BE-Lager- und des Reaktorbeckens abzubauen.

Rückzug aus den Gebäuden

Unter dem Rückzug aus den Gebäuden versteht man das Verlassen von einzelnen oder mehreren Räumen innerhalb des Kontrollbereichs nach dem Abschluss der Demontage von Anlagenteilen, dem Freiräumen und einer Überprüfung noch vorhandener Kontaminationen an Baustrukturen und deren Beseitigung durch Dekontamination.

Nach dem Restfreiräumen werden die Gebäude auf Kontamination überprüft und gegebenenfalls dekontaminiert. Oberhalb des Freigabewerts kontaminierte Betonstrukturen werden dekontaminiert bzw. abgetragen. Nachdem freigemessene Bereiche verlassen wurden, wird der Zugang gegen Wiederbetreten und gegen mögliche Rekontamination abgesichert. Die verlassenen Räume stehen für die Freigabe bereit.

Nach erfolgter Freigabe (siehe Kapitel 6.2) können die Gebäudestrukturen und befestigte Flächen nach dem geltenden konventionellen Baurecht abgerissen werden.

6. Reststoffmanagement

Dieses Kapitel enthält unter Bezug auf § 6 Abs. 2 AtVfV Angaben nach § 3 Abs. 1 Nr. 8 AtVfV.

6.1. Stoffströme

Die Massen der verschiedenen Stoffe, die aus dem Abbau des KKG entstehen werden, wurden abgeschätzt. Insgesamt fallen danach beim vollständigen Abbau des Kontrollbereichs von KKG Reststoffe mit einer Masse von ca. 31.500 Mg an. Zusätzlich fallen größere Massen aus dem Abbau der Gebäude mit nichtnuklearen Systemen an.

Die Stoffe, die im Kontrollbereich während des Abbaus entstehen, werden als Reststoffe bezeichnet. Bei den anfallenden Reststoffen werden bzgl. ihres Verbleibs folgende Entsorgungswege geprüft:

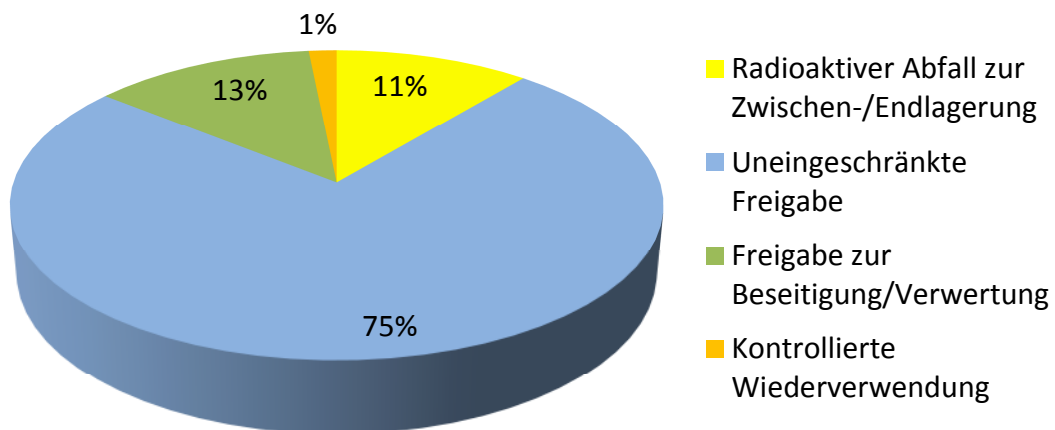
- Freigabe als nicht radioaktive Stoffe gemäß § 29 StrlSchV mit den Optionen:
 - uneingeschränkte Freigabe,
 - Freigabe zur Beseitigung (Ziel: konventionelle Deponie bzw. Verbrennungsanlage),
 - Freigabe von Gebäuden zum Abriss oder Wieder-/Weiterverwendung,
 - Freigabe von Metallschrott zur Rezyklierung,
- kontrollierte Verwertung im kerntechnischen Bereich,
- direkte Wiederverwendung im Bereich einer anderen atomrechtlichen Genehmigung,
- radioaktiver Abfall zur Endlagerung.

Der überwiegende Teil der bei einem direkten Abbau anfallenden Anlagenteile und Stoffe ist weder aktiviert noch kontaminiert. Voraussichtlich werden von den Massen aus dem Kontrollbereich ca.

- 23.500 Mg gemäß § 29 StrlSchV uneingeschränkt freigegeben,
- 4.000 Mg gemäß § 29 StrlSchV zur Beseitigung bzw. Rezyklierung freigegeben (für dieses Material ist die Ablagerung auf einer Deponie bzw. Verbrennung in einer Verbrennungsanlage bzw. das Einschmelzen in einem konventionellen metallverarbeitenden Betrieb erforderlich),
- 3.500 Mg als radioaktiver Abfall endlagergerecht konditioniert und zur Abgabe an ein Bundesendlager zwischengelagert,

- 500 Mg als Reststoffe kontrolliert wiederverwertet; (z.B. Einschmelzen der Metallschrotte und anschließende Wiederverwendung im kerntechnischen Bereich, z.B. für MOSAIK-Behälter).

Abbildung 6.1: Materialaufkommen und Verwertung der Kontrollbereichsmassen



Die Verteilung dieser Massen ist in Abbildung 6.1 schematisch dargestellt. Zu diesen Massen kommen für das KKG noch ca. 300.000 Mg nicht radioaktiven Materials aus dem konventionellen Abriss freigegebener Gebäudestrukturen hinzu. Dieser Abriss ist nicht Gegenstand des atomrechtlich zu genehmigenden Vorhabens.

Die abzubauenen Massen ergeben sich aus den zu Beginn der Stilllegung vorhandenen Komponenten und Einrichtungen (Primärmassen) und den während des Abbaus anfallenden Materialien und Einrichtungen (Sekundär- und Zusatzmassen).

Die **Primärmassen** werden nach Komponentenart (Behälter, Rohrleitung, Armatur, usw.), nach Gebäudezugehörigkeit und Kontaminationsgrad erfasst. Diese Erfassung erfolgt über die Auswertung von:

- Vorhandenen Datenbeständen,
- Konstruktions- oder Einbauzeichnungen,
- Vor-Ort-Aufnahmen oder
- Plausibilitätsannahmen.

Unter **Sekundärmassen** versteht man alle Verbrauchsmaterialien, wie z.B. Dekontaminationsflüssigkeiten, Verschleißteile, Folien, Putzmaterialien und die von den Komponenten und Systemen abgetragenen Stoffe (z.B. Staub, Späne, Schlacke, Filter). Der Anfall der Sekundärmassen wird auf der Basis der vorhandenen Primärmassen, des erforderlichen Personalaufwands für die Stilllegung und der eingesetzten Techniken abgeschätzt. Dafür werden die Erfahrungen aus den Revisionen sowie den laufenden Stilllegungsprojekten genutzt.

Zusatzmassen werden während der Durchführung der Stilllegungsarbeiten in den Kontrollbereich eingebracht, wie z.B. Zerlege- und Dekontaminationseinrichtungen, Abschirmmaterial, Stahlbau. Diese Einrichtungen dienen dem Abbau bzw. der Entsorgung der Primär- und Sekundärmassen und können ebenfalls kontaminiert werden.

Die Methoden und Randbedingungen zur Handhabung, Konditionierung, Lagerung, Transport und Verwertung von Reststoffen und zur Transportbereitstellung, Zwischen- und Endlagerung von radioaktiven Abfällen aus der Stilllegung sind grundsätzlich mit den Methoden beim früheren Leistungsbetrieb vergleichbar.

Zur Minimierung des Anfalls radioaktiver Abfälle und damit des Endlagervolumens sind verschiedene Maßnahmen für die Reststoffbehandlung vorgesehen, z.B.:

- sorgfältiges Sortieren der Reststoffe möglichst im Demontagebereich,
- Dekontaminieren zur Erreichung der Freigabewerte,
- Ausnutzen der maximal zulässigen Aktivitätsbeladung der Endlagerbehälter,
- Konditionieren des radioaktiven Abfalls (Zerlegen, Sortieren, Verbrennen, Verpressen, Trocknen, Zementieren, Verpacken).

Jeweils vor dem Abbau von Anlagenteilen werden die anfallenden Reststoffe charakterisiert und die Entsorgungsziele festgelegt. Während des Abbaus wird darauf geachtet, dass die verschiedenen Materialgruppen getrennt gesammelt werden. Diejenigen Stellen der abgebauten Anlagenteile, die stärker kontaminiert sind, werden abgetrennt und separat gesammelt. Wenn möglich, werden die Anlagenteile dekontaminiert, um sie gem. § 29 StrlSchV freigegeben zu können.

Wenn die abgebauten Anlagenteile als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssen, werden sie unter Berücksichtigung der Annahmebedingungen des Bundesendlagers konditioniert. Die damit zusammenhängende Behandlung kann im KKG u.a. in dem dafür einzurichtenden RBZ und/oder über externe Konditionierungseinrichtungen erfolgen.

Zur externen Bearbeitung werden die radioaktiven Rohabfälle in Transportbehälter nach GGVSEB /6.1/ verpackt und zur weiteren Behandlung zu den externen Konditionierungseinrichtungen auf Basis strahlenschutzrechtlicher Beförderungsgenehmigungen transportiert. Nach erfolgter Konditionierung, Pufferlagerung und Transportbereitstellung werden die dabei anfallenden radioaktiven Abfallgebinde in das Zwischenlager Mitterteich, in andere Zwischenlager, ggf. in die BeHa oder in das Bundesendlager transportiert.

Für den Transport der radioaktiven Stoffe und Materialien über öffentliche Verkehrswege sind nationale und internationale Sicherheitsbestimmungen maßgebend, die durch das Atomrecht, das Gefahrgutrecht und durch die hierzu ergangenen Rechtsvorschriften festgelegt werden, insbesondere die GGVSEB /6.1/. Die Sicherheit beim Transport wird in erster Linie durch die Gestaltung des Versandstücks selbst erreicht.

6.2. Freigabe

Unter Freigabe von Reststoffen wird nach § 29 StrlSchV deren Verwendung, Verwertung, Beseitigung, Innehaben oder deren Weitergabe als nicht radioaktive Stoffe verstanden. Das Freigabeverfahren stellt sicher, dass für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10 μSv im Kalenderjahr auftreten kann (sog. 10 μSv -Konzept). Dieses Konzept ist international anerkannt und stellt sicher, dass die durch die freigegebenen Stoffe verursachte zusätzliche Strahlenexposition auch im ungünstigsten Fall unerheblich ist. So beträgt die jährliche natürliche Strahlenexposition einer Einzelperson in Deutschland durchschnittlich 2,1 mSv im Kalenderjahr (2.100 $\mu\text{Sv/a}$).

Das Freigabeverfahren im KKG besteht aus mehreren Schritten:

Reststoffbehandlung

Hier werden die Reststoffe für die nachfolgenden Messungen und die anschließende Entsorgung vorbereitet, also z.B. zerlegt oder dekontaminiert und die freigabehelfige Fraktion separiert.

Orientierungsmessung

Die zur Freigabe vorgesehenen Reststoffe werden mittels geeigneter Messverfahren auf ihre Freigabefähigkeit geprüft. Bei den Orientierungsmessungen handelt es sich in der Regel um Messungen, bei denen die möglicherweise vorhandene Kontamination auf der Oberfläche näher untersucht wird. Dabei ist sichergestellt, dass die Bedingungen zum Herausbringen aus dem Kontrollbereich in

den Überwachungsbereich eingehalten werden. Diese Reststoffe können auf Pufferflächen im Überwachungsbereich gebracht werden. Die gelagerten Reststoffe werden geeignet gekennzeichnet und vor dem Zugriff Unberechtigter sowie vor Verwechslung geschützt.

Vorkontrollmessung

Die Vorkontrollmessung dient der Entscheidungsfindung, ob der Nachweis der Einhaltung der Freigabewerte gemäß § 29 StrlSchV geführt werden kann. Die Vorkontrollmessung erfolgt mittels geeigneter Messverfahren.

Qualifizierte Freigabemessung

Die qualifizierte Freigabemessung dient dem Nachweis der Einhaltung der Freigabewerte gemäß § 29 StrlSchV.

Die qualifizierte Freigabemessung erfolgt mittels geeigneter Messverfahren, deren Auswahl und Anwendung mit der zuständigen Behörde abgestimmt ist.

Entlassung der Reststoffe aus der atomrechtlichen Überwachung (Freigabe)

Aufgrund der Ergebnisse der qualifizierten Freigabemessung stellt der Strahlenschutzbeauftragte die Übereinstimmung mit den Anforderungen gemäß § 29 StrlSchV fest. Messergebnisse und Feststellung werden dokumentiert und chargenweise zu einem Freigabeantrag zusammengefasst. Die zuständige Behörde prüft die vorgelegten Chargen bzgl. der Übereinstimmung mit den im § 29 StrlSchV festgelegten Anforderungen für die Freigabe und bestätigt diese. Nach Vorliegen der behördlichen Bestätigung wird die Freigabe durch den Strahlenschutzbeauftragten erteilt.

Das Freigabeverfahren gemäß § 29 StrlSchV wurde bereits im Leistungsbetrieb erfolgreich praktiziert und deckt neben dem Leistungsbetrieb bereits auch die Belange des Restbetriebs sowie der Stilllegung und des Abbaus ab. Das Vorgehen wurde mit der zuständigen Behörde auf Grundlage der StrlSchV abgestimmt und ist in der Strahlenschutzordnung (SSO) im BHB festgelegt.

6.3. Freigabe bei anderen Genehmigungsinhabern

Alternativ zu entsprechendem Vorgehen im KKG kann eine Freigabe der bei Restbetrieb und Abbau anfallenden Reststoffe auch bei anderen Genehmigungsinhabern inner- oder außerhalb des Bundesgebiets erfolgen, wenn die entsprechenden Genehmigungen für den Genehmigungsinhaber zur Freigabe unter Berücksichtigung des 10 μ Sv-Konzepts vorliegen.

6.4. Kontrollierte Verwertung und direkte Wiederverwendung

Bei der Nutzung der Entsorgungswege „kontrollierte Verwertung“ und „direkte Wiederverwendung“ werden die Reststoffe in einer anderen kerntechnischen oder nach StrlSchV genehmigten Einrichtung weiter genutzt bzw. verwertet (Abgabe gemäß § 69 StrlSchV).

Bei der kontrollierten Verwertung im kerntechnischen Bereich werden metallische Reststoffe mit einer Restaktivität, für die eine Freigabe gemäß § 29 StrlSchV als nicht radioaktive Stoffe nicht vorgesehen oder nicht möglich ist, einer atomrechtlich kontrollierten Verwertung zugeführt. Hierzu gehören insbesondere Metalle, die nach dem Einschmelzen z.B. für die Produktion von Abschirmungen oder Abfallbinden verwendet werden können. Die Herstellerfirma für diese Endlagerbehälter verfügt über die notwendigen Umgangsgenehmigungen nach StrlSchV.

Bei der direkten Wiederverwendung werden abgebaute radioaktive Anlagenteile (z.B. Motoren, Pumpen, Armaturen) zu einer anderen kerntechnischen Anlage mit entsprechender Genehmigung transportiert und weiter genutzt.

6.5. Herausbringen

Bei allen Materialien im Kontrollbereich wird grundsätzlich angenommen, dass sie kontaminiert oder aktiviert sein könnten. Beim Verlassen des Kontrollbereichs wird deshalb – je nach Fall – ein Verfahren nach § 44 Abs. 3 StrlSchV (Herausbringen) oder nach § 29 StrlSchV (Freigabe) durchgeführt. Herausbringen kommt dabei nur in Frage, wenn es sich um nicht radioaktive „bewegliche Gegenstände, insbesondere Werkzeuge, Messvorrichtungen, sonstige Apparate, Anlagenteile oder Kleidungsstücke“ handelt, die aus dem Kontrollbereich „zum Zweck der Handhabung, Nutzung oder sonstigen Verwendung mit dem Ziel einer Wiederverwendung oder Reparatur außerhalb von Strahlenschutzbereichen“ herausgebracht werden sollen. Das Herausbringen nach § 44 Abs. 3 StrlSchV ist im Betriebshandbuch (BHB) und untergeordneten Unterlagen geregelt, inklusive der damit verbundenen Messungen.

6.6. Herausgabe

Der Überwachungsbereich des KKG ist frei von Radioaktivität aus dem Betrieb des KKG, da hier nicht mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Für die Entfernung von Gegenständen und Stoffen vom Gelände des KKG ist in diesem Fall das Verfahren der Herausgabe vorgesehen. Dieses sieht neben Betrachtungen der Betriebshistorie auch beweissichernde Messungen vor. Damit wird dokumentiert, dass es sich von vornherein nicht um radioaktive Stoffe handelt. Die Vorgehensweise ist im BHB beschrieben und beinhaltet eine Bewertung durch den Strahlenschutzbeauftragten.

6.7. Radioaktive Abfälle

Reststoffe, die nicht nach § 29 StrlSchV als nicht radioaktive Stoffe freigegeben oder der kontrollierten Verwertung als radioaktive Stoffe zugeführt werden können, werden als radioaktiver Abfall beseitigt. Die geordnete Beseitigung von Material als radioaktiver Abfall erfolgt gemäß den einschlägigen Bestimmungen der StrlSchV, hier insbesondere §§ 72 bis 79 sowie den Vorgaben der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle /6.2/. Die Unterteilung und Behandlung der radioaktiven Abfälle ist in der Abbildung 6.2 schematisch dargestellt.

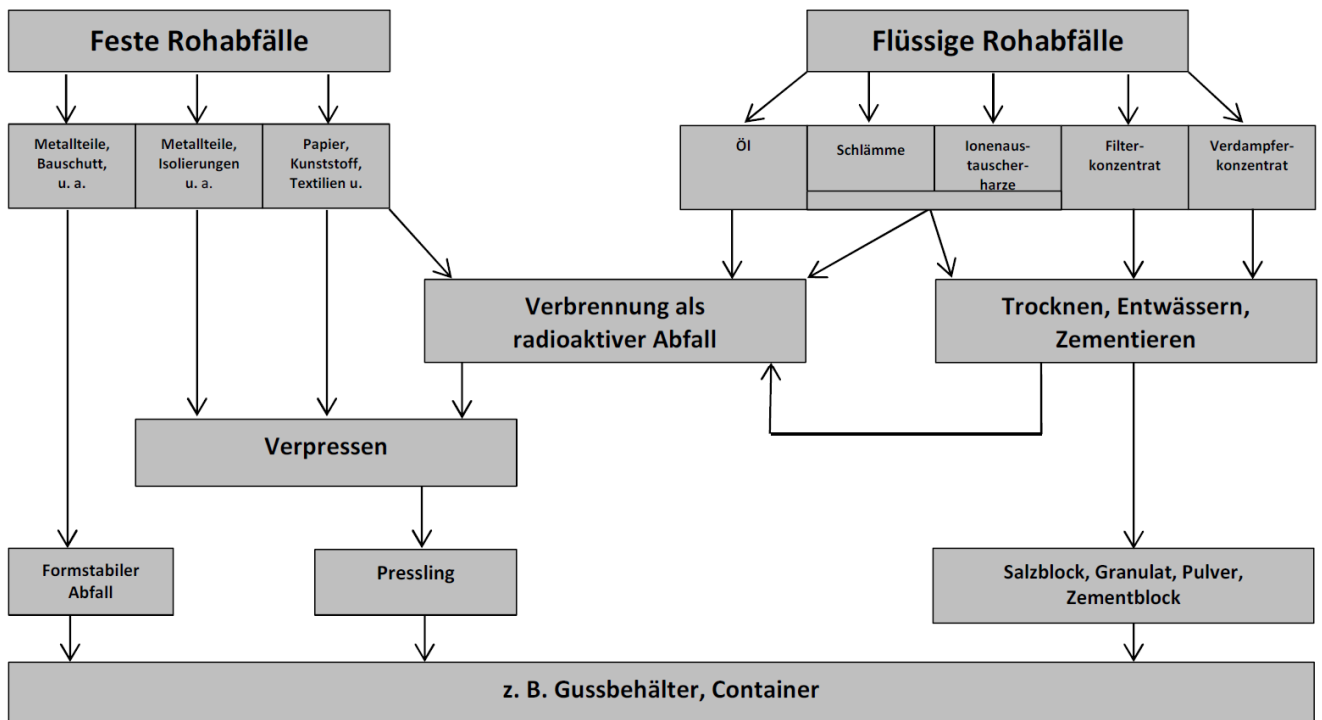
Jede Konditionierung erfolgt mit einem Konditionierungsverfahren, dem die atomrechtliche Aufsichtsbehörde zugestimmt hat, auf Grundlage eines freigegebenen Ablauf- bzw. Prüffolgeplans unter anderem unter Beachtung:

- der Annahmebedingungen der verschiedenen Konditionierungsstätten,
- der Annahmebedingungen für eine Zwischenlagerung bzw. einer Transportbereitstellung, sowie
- der Annahmebedingungen des Bundesendlagers Schacht KONRAD.

Die Abfälle werden gemäß § 76 StrlSchV an eine Anlage des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle abgegeben. Die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen wird in einem Prüfbericht eines vom Bundesamt für Strahlenschutz hinzugezogenen Sachverständigen bestätigt.

Bis zur Inbetriebnahme solcher Anlagen werden die abzuliefernden Abfälle vom KKG in entsprechenden Lagern gemäß der Genehmigung dieser Anlagen bereitgestellt. Die Einhaltung der jeweiligen Annahmebedingungen wird vom Sachverständigen der zuständigen Aufsichtsbehörde bestätigt.

Abbildung 6.2: Schematisierte Darstellung der Unterteilung und Behandlungsmöglichkeiten der radioaktiven Abfälle



6.7.1. Feste radioaktive Rohabfälle

Feste radioaktive Rohabfälle fallen insbesondere an als:

- kontaminierte oder aktivierte Metalle,
- kontaminierter bzw. aktivierter Bauschutt,
- Filterkerzen,
- Aktivkohle,
- Schwebstofffilter,
- Isoliermaterial und
- weitere brennbare oder pressbare Mischabfälle (z.B. Schutzkleidung, Reinigungsmaterial, Folien).

Entsprechend dem Konditionierungsverfahren lassen sich feste Rohabfälle in die Abfallarten pressbare, brennbare und formstabile Abfälle unterteilen. Die pressbaren Abfälle enthalten auch brennbaren Abfall, der aber die Annahmebedingungen für die Verbrennung nicht erfüllt.

Brennbarer Abfall wird bei Einhaltung der Annahmebedingungen der Verbrennungsanlage extern verbrannt. Die entstehenden Aschen und Filterstäube werden anschließend hochdruckverpresst. Pressbarer Abfall wird in Knautschtrommeln vorverdichtet und kann anschließend intern oder extern hochdruckverpresst werden. Noch erhebliche Restfeuchte enthaltender Abfall bzw. die entstandenen Presslinge werden in geeigneten Trocknungsanlagen bis auf die zulässigen Feuchtegehalte getrocknet. Die Presslinge werden in Behälter verpackt, die für die Zwischenlagerung geeignet sind.

Die Verpressung fester formstabiler Abfälle ist nicht sinnvoll. Ist eine Verbrennung oder Verpressung nicht möglich oder sinnvoll, können feste radioaktive Abfälle auch ohne weitere Behandlungsschritte unter Einhaltung der entsprechenden Zwischen- und Endlagerbedingungen direkt verpackt werden (z.B. Metallschrott, Bauschutt). Bauschutt wird auch zum Verfüllen von Restvolumina in beladenen Endlagerbehältern verwendet (Resthohlraumverfüllung).

6.7.2. Flüssige radioaktive Rohabfälle

Flüssige bzw. einen hohen Feuchtegehalt aufweisende radioaktive Rohabfälle fallen insbesondere an als:

- Verdampferkonzentrate,
- Ionenaustauscherharze,
- Öle,
- Lösemittel,
- Dekontaminationslösungen und
- Schlämme.

Diese lassen sich direkt durch Trocknen, Entwässern und/oder Zementieren zu einem endlagerfähigen Abfallprodukt weiterverarbeiten. Zum Teil findet auch die Verbrennung von Ölen, Harzen und Lösungsmitteln Anwendung. Ein Verpressen von Trocknungsprodukten (z.B. Schlämme) ist ebenfalls gängige Praxis.

6.7.3. Radioaktive Sonderabfälle

Abfälle mit höherem Aktivitätsinventar werden im Zuge von eigens geplanten Kampagnen behandelt.

So werden z.B. aktivierte Kernbauteile in verpackungsfähige Größen zerlegt und abhängig von ihrer Aktivität in ausreichend dimensionierte und für die Zwischen- und Endlagerung geeignete Behälter

verpackt. Ist es aufgrund der auftretenden Dosisleistung erforderlich, so erfolgen diese Arbeiten unter Wasser. In diesem Fall werden die Behälter anschließend entwässert und ggf. getrocknet. Zum Zwecke einer Pufferlagerung ist auch die Verpackung in Interimsbehälter möglich.

6.8. Konventionelle Abfälle

Konventionelle Abfälle fallen sowohl aus dem Betrieb von Restbetriebssystemen als auch beim Abbau der Anlage an. Sie stammen aus dem konventionellen Teil der Kraftwerksanlage oder aus Freigaben nach § 29 StrlSchV.

Den mengenmäßig größten Anteil bilden Bauschutt, Eisen-/Nichteisenmetalle und Kabel. Hinzu kommen gewerbeabfallähnliche Abfälle sowie Betriebschemikalien, Altöle oder Lösungsmittel.

Das Spektrum der Abfallarten ändert sich gegenüber dem Betrieb des KKG nur wenig. Jedoch verschieben sich die Mengenanteile auf Grund der großen Massen an Bauschutt und Metallschrotten.

Die Entsorgung der konventionellen Abfälle erfolgt nach den Vorgaben der einschlägigen Gesetze und Verordnungen, insbesondere des Kreislaufwirtschaftsgesetzes /5.1/ sowie der auf dieser Rechtsgrundlage erlassenen Verordnungen.

7. Strahlenschutz

7.1. Aufgaben und Strahlenschutzbereiche

Die Organisation und die praktische Umsetzung aller Aspekte des Strahlenschutzes im KKG sind bereits umfassend in der bestehenden Strahlenschutzordnung des KKG auf Basis der Strahlenschutzverordnung und des untergesetzlichen Regelwerks und nachgeordneten Dokumenten geregelt. Die Strahlenschutzmaßnahmen werden entsprechend den Anforderungen des Abbaus angepasst und administrativ analog zum Leistungsbetrieb bzw. Nachbetrieb gestaltet. Der Strahlenschutz wird frühzeitig in die Planung und Ausführung der Abbauschritte eingebunden.

Die nach Abtransport der Brennelemente sowie der Sonderbrennstäbe für die Stilllegung und den Abbau noch verbleibenden relevanten Schutzziele sind:

- Begrenzung der Strahlenexposition und
- Einschluss der radioaktiven Stoffe.

Grundsätzlich gilt beim Strahlenschutz immer das ALARA-Prinzip, welches fordert, beim Umgang mit ionisierender Strahlung jede Strahlenexposition oder Kontamination von Menschen und Umwelt unter Beachtung des Stands von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb von Grenzwerten so gering wie möglich zu halten.

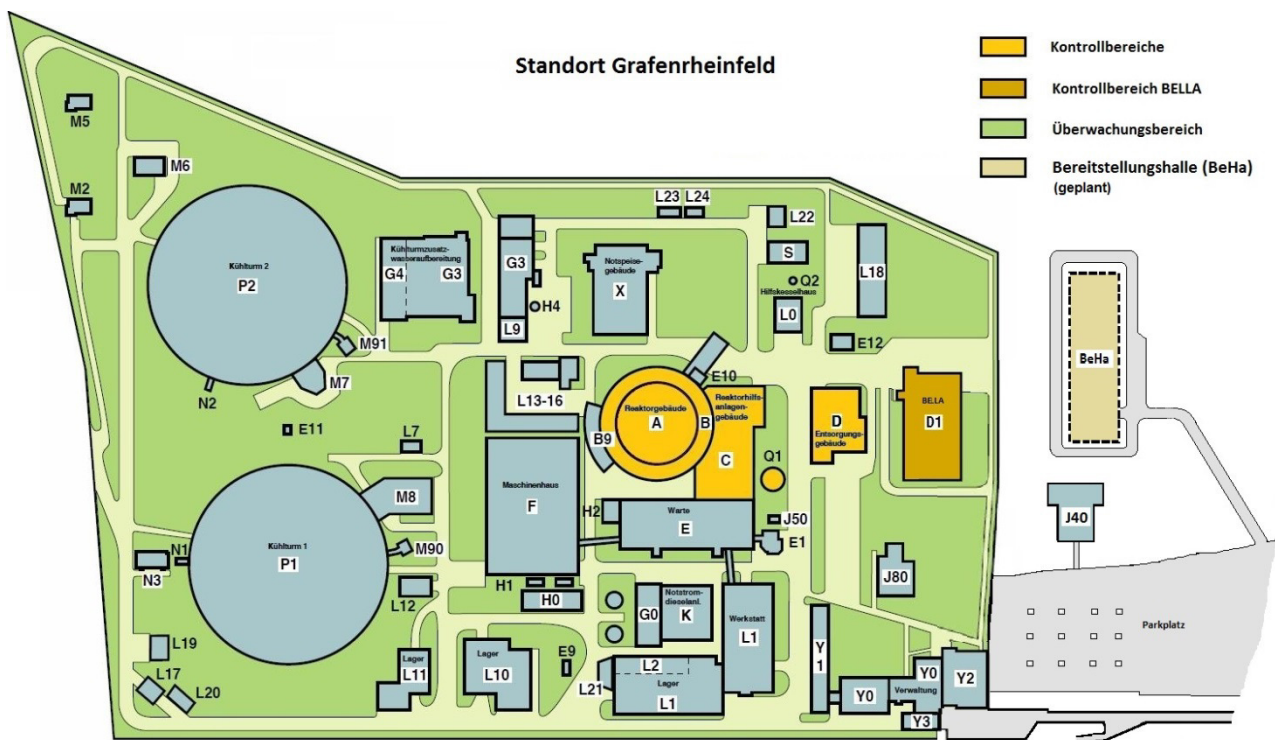
Die daraus abgeleiteten Aufgaben des Strahlenschutzpersonals während Stilllegung und Abbau sind u.a.:

- Überwachung des Zugangs zu den Kontrollbereichen,
- Mitarbeit bei der Arbeitsvorbereitung und Planung,
- Arbeitsplatzfreigabe und Arbeitsplatzüberwachung,
- Mitarbeit bei der Einführung und Entwicklung von Arbeitsmethoden zum Abbau und deren Freigabe aus Sicht des Strahlenschutzes,
- Festlegung von Strahlenschutzmaßnahmen für Personal sowie Überwachung der Tätigkeiten,
- Ermittlung und Verwaltung der Personendosen und sonstiger strahlenschutzrelevanter Personendaten,
- Überwachung des Reststoffmanagements,
- Überwachung der Dekontamination,

- Überwachung der Pufferlagerung und Transportbereitstellung,
- Emissions- und Immissionsüberwachung,
- Planung, Organisation und Durchführung des Verfahrens zur Freigabe von Reststoffen als nicht-radioaktive Stoffe nach § 29 StrlSchV und gemäß Strahlenschutzordnung der Anlage,
- Herausgabe aus dem Überwachungsbereich.

Je nach Höhe der im jeweiligen Bereich möglichen Strahlenexposition bzw. Ortsdosisleistung wird zwischen Betriebsgelände, Überwachungsbereichen, Kontrollbereichen und Sperrbereichen unterschieden. Die für die Stilllegung und den Abbau des KKG ausgewiesenen Überwachungs- und Kontrollbereiche sind in Abbildung 7.1 dargestellt (Sperrbereiche sind bei Bedarf eingerichtete Teile der Kontrollbereiche und werden nicht gesondert dargestellt).

Abbildung 7.1: Überwachungs- und Kontrollbereiche



Die Kontrollbereiche des Kraftwerks bleiben vorerst in dem Umfang erhalten, die sie während des Leistungsbetriebs hatten. Bei Bedarf können Teile der Kontrollbereiche aufgehoben werden. Andererseits können bei Erfordernis zusätzliche Kontrollbereiche gebildet werden. Das Verfahren zur Aufhebung von Kontrollbereichen wird gemäß StrlSchV und den entsprechenden Empfehlungen und Regeln der Technik durchgeführt.

Der Zutritt zu den Strahlenschutzbereichen wird gemäß § 37 StrlSchV geregelt und überwacht. Die Kontrollbereichsbegehungen werden erfasst und dokumentiert.

Sperrbereiche werden, soweit nach StrlSchV erforderlich, vom Strahlenschutzbeauftragten festgelegt und laufend den Gegebenheiten angepasst. Sie werden so abgegrenzt und gesichert, dass sie nicht unkontrolliert betreten werden können. Der Zugang zu diesen Bereichen ist nur unter Kontrolle des Strahlenschutzpersonals gestattet.

7.2. Strahlenschutzmaßnahmen und Überwachung

7.2.1. Arbeitsplatzüberwachung

Alle Arbeiten in den Kontrollbereichen müssen vom Strahlenschutzbeauftragten oder einer von ihm beauftragten Person freigegeben und vom Strahlenschutzpersonal überwacht werden. Bei umfangreichen und/oder dosisintensiven Arbeiten werden Arbeitsablaufpläne mit entsprechenden Dosisabschätzungen in Zusammenarbeit mit dem Strahlenschutzpersonal erstellt. Hierbei erfolgen Dosisabschätzungen; ggf. werden einzelfallbezogene Strahlenschutzmaßnahmen oder andere dosisminimierende Vorgehensweisen festgelegt.

Im KKG werden vorhandene Systeme zur Ortsdosisleistungs- und Aerosolüberwachung bedarfsgerecht weiterbetrieben. Neben der routinemäßigen Kontrolle durch die kontinuierlich messenden Systeme (Raumluft, Ortsdosisleistung) werden regelmäßig zusätzliche Ortsdosisleistungs-, ebenso wie Aerosol- und Kontaminationsmessungen durchgeführt. Sämtliche strahlenschutzrelevanten Arbeiten werden überwacht. Bei Bedarf erfolgt der Einsatz von mobilen Mess- und Überwachungsgeräten. Auf Grundlage der Messergebnisse werden ggf. Personenschutzmaßnahmen festgelegt. Alle Messergebnisse werden protokolliert und archiviert.

7.2.2. Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung

Im Rahmen der Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung werden u.a. folgende Messungen durchgeführt:

- Dosisleistungsmessungen an Anlagenteilen und in Arbeitsbereichen,
- Messung der Aktivitätskonzentrationen in der Raumluft,
- Emissions- und Immissionsmessungen,
- Messungen der Aktivität an Materialien (z.B. an Abfällen und Reststoffen),

- Kontaminationsmessungen,
- Messungen zur Überwachung der Aktivitätsrückhaltung,
- Messungen zur Personenkontaminations- und Inkorporationskontrolle.

Hierzu werden mobile und festinstallierte Messgeräte betrieben, z.B.:

- Ortsdosisleistungs-Messgeräte zur Raum- und Arbeitsplatzüberwachung,
- nuklidspezifische Messplätze,
- Messplätze für Wisch- und Aerosolproben,
- Kreislaufaktivitätsüberwachung,
- Raumlufüberwachung,
- Aktivitätsüberwachung/-bilanzierung Fortluftpfad,
- Aktivitätsüberwachung/-bilanzierung Abwasserpfad,
- elektronische Personendosimeter,
- Personenmonitore am Kontrollbereichsausgang,
- Messstellen an den Ausgängen des Überwachungsbereichs.

Weitere Messeinrichtungen werden im Rahmen der Reststoffbehandlung und Freigabe betrieben.

7.2.3. Personenschutzmaßnahmen

Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung werden für die geplanten Arbeiten die jeweils erforderlichen Schutzmaßnahmen festgelegt. Die Einhaltung der Maßnahmen wird durch Strahlenschutzpersonal in der Anlage überprüft. Als Schutzmaßnahmen werden beispielsweise angewendet:

- Beschränkung der Aufenthaltsdauer im Arbeitsbereich,
- Verwendung von Abschirmungen,
- Abstand von der Strahlenquelle (z.B. Einsatz fernbedienbarer/fernhandierter Arbeitsgeräte),
- Tragen von Schutzkleidung,
- Tragen von Atemschutz,
- Training an inaktiven Attrappen,
- Einsatz mobiler Absaugungen.

Die Durchführung des betrieblichen Strahlenschutzes stellt die Begrenzung und Minimierung der Strahlenexposition der im KKG beschäftigten Personen gemäß StrlSchV sicher.

7.2.4. Personenüberwachung

Durch den betrieblichen Strahlenschutz wird sichergestellt, dass alle Personen, die zu den Kontrollbereichen Zutritt haben, in die Strahlenschutzüberwachung einbezogen werden.

Die Messung der Personendosis wird vor Ort mit einem jederzeit ablesbaren, elektronischen Dosimeter und mit einem von einer amtlichen Messstelle ausgegebenen Dosimeter vorgenommen. Ggf. werden zusätzlich Teilkörperdosimeter eingesetzt.

Vor der erstmaligen Arbeitsaufnahme, in regelmäßigen Abständen während der Durchführung der Arbeiten und nach Beendigung der Abbauarbeiten werden routinemäßig Inkorporationskontrollmessungen durchgeführt. Daneben wird bei jedem Verlassen des Kontrollbereichs im Endmonitor sowohl eine eventuelle Inkorporation als auch eine eventuelle Kontamination erfasst. Bei Verdacht auf Inkorporation werden zusätzliche Messungen veranlasst.

7.3. Aktivitätsrückhaltung

Während des Abbaus von KKG werden Vorkehrungen und Maßnahmen getroffen, um eine unkontrollierte Ausbreitung radioaktiver Stoffe zu vermeiden. Hierzu gehören z.B.:

- Handhabung von Flüssigkeiten und Filterhilfsmitteln mit radioaktiven Stoffen innerhalb geschlossener Systeme oder Behälter,
- Verhinderung des Übertritts kontaminierter Flüssigkeiten in Kühlkreisläufe durch mechanische Barrieren und Druckstaffelung (die Wirksamkeit dieser Barrieren wird durch Überwachung der Radioaktivität in den einzelnen Kreisläufen sichergestellt),
- gerichtete Luftströmung von außen in den Kontrollbereich durch Lüftungsanlagen,
- lüftungstechnisches Trennen von Räumen mit unterschiedlichem Aktivitätsinventar,
- Auswahl von Arbeitsverfahren mit möglichst geringer Aerosolbildung,
- Einsatz mobiler Einrichtungen zur Luftführung und Luftfilterung bei Tätigkeiten,
- Installation von Einrichtungen zur mobilen und stationären Überwachung der Raumluft,
- Errichtung von Einhausungen,
- Einrichtung von Kontaminationsbereichen mit besonderen Anforderungen an persönliche Strahlenschutzmaßnahmen.

Die oben genannten Maßnahmen werden durch zahlreiche betriebliche Regelungen, insbesondere zur Handhabung von radioaktiven Stoffen, ergänzt.

7.4. Ableitung radioaktiver Stoffe

7.4.1. Ableitung von radioaktiven Stoffen mit der Fortluft

Für den Leistungsbetrieb wurden Ableitungsgrenzwerte genehmigt, für die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nachgewiesen wurde, dass bei deren Einhaltung keine unzulässigen oder nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt oder die Bevölkerung zu besorgen sind. Aufgrund des langen Anlagenbetriebs und der in bisherigen Rückbauvorhaben gewonnenen Erfahrungen werden für die Stilllegung und den Abbau vergleichbare Werte für die Ableitung radioaktiver Aerosole mit der Fortluft beantragt, wie sie mit der Betriebsgenehmigung genehmigt wurden. Als maximal zulässige Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft über den Fortluftkamin wurden daher mit dem Antrag auf Stilllegung und Abbau von KKG beantragt:

Radioaktive Aerosole:

innerhalb eines Kalenderjahres	$3,7 \cdot 10^{10}$ Bq
innerhalb eines Tages	$3,7 \cdot 10^{08}$ Bq

Radioaktive Gase:

innerhalb eines Kalenderjahres	$1,11 \cdot 10^{15}$ Bq
innerhalb eines Tages	$1,11 \cdot 10^{13}$ Bq

Selbst bei Ausschöpfung der beantragten Werte ergibt sich, auch bei konservativ abdeckender Berechnung, eine Strahlenexposition, die für alle Einzelpersonen der Bevölkerung weit unter dem Grenzwert des § 47 Abs. 1 StrlSchV liegt.

7.4.2. Ableitung von radioaktiven Stoffen mit dem Abwasser

Die Einleitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ist in der gültigen wasserrechtlichen Bewilligung und Erlaubnis vom 04.07.2006 auf der Grundlage der atomrechtlich genehmigten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Wasser für den Betrieb und die Nutzwasserversorgung des KKG geregelt und soll zunächst unverändert bleiben.

Radioaktive Abwässer

Gesamtaktivitätsableitung innerhalb eines Kalenderjahres

ohne Tritium	$5,55 \cdot 10^{10}$ Bq,
Tritium	$4,07 \cdot 10^{13}$ Bq.

Selbst bei Ausschöpfung dieser Werte und unter Berücksichtigung der Vorbelastung des Mains ergibt sich in der Summe eine maximale Strahlenexposition, die für alle Einzelpersonen der Bevölkerung weit unter dem Grenzwert des § 47 Abs. 1 StrlSchV liegt.

7.4.3. Emissionsüberwachung

Mit Beendigung des Leistungsbetriebs und nach Abtransport der Brennelemente tritt für die Ableitung radioaktiver Stoffe eine neue Situation ein. Das radioaktive Inventar der Anlage und damit das Gefahrenpotenzial sind deutlich reduziert.

Die Emissionsüberwachung während der Stilllegung und des Abbaus erfolgt wie im Leistungsbetrieb entsprechend den Anforderungen und Vorgaben der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen /7.1/. Der Umfang richtet sich nach den Erfordernissen der Stilllegung und des Abbaus und wird im Betriebshandbuch detailliert festgelegt.

Dementsprechend wird die Fortluft mit den bestehenden Einrichtungen auf radioaktive Aerosole und Gase einschließlich Kohlenstoff-14 und Tritium überwacht. Die Überwachung auf radioaktive Aerosole und Gase erfolgt durch kontinuierliche Messung sowie durch kontinuierliche Sammlung von Proben und Bilanzierung der abgeleiteten Nuklide.

Das radioaktive Abwasser sowie die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser werden überwacht und bilanziert.

Mit zunehmendem Abbaufortschritt kann der Umfang der Emissionsüberwachung angepasst und ggf. reduziert werden.

7.4.4. Immissionsüberwachung

Außerhalb der Anlage werden die durch das KKG verursachten Immissionen wie folgt überwacht:

- Überwachung der Direktstrahlung,
- Überwachung der Luft und des Niederschlags,
- Überwachung der am Boden und auf Bewuchs abgelagerten Aerosolaktivität,
- Überwachung durch Messung der meteorologischen Verhältnisse,
- Überwachung von Fischen, Sediment, Milch und Futtermittel,
- Überwachung von Grundwasser, Trinkwasser und von Wasserpflanzen,
- Überwachung von Nahrungsmitteln (Obst, Gemüse).

Hierzu wird ein Umgebungsüberwachungsprogramm entsprechend den Anforderungen und Vorgaben der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen /7.1/ durchgeführt.

U.a. werden zur Beweissicherung der Einhaltung der Anforderungen des § 46 StrlSchV an der Grenze zum allg. Staatsgebiet Dosimeter eingesetzt.

Mit zunehmendem Abbaufortschritt kann der Umfang der Immissionsüberwachung angepasst und ggf. reduziert werden.

7.5. Strahlenexposition in der Umgebung

7.5.1. Grundsätzliches

Die Strahlenexposition in der Umgebung einer kerntechnischen Anlage setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- Exposition durch die radiologische Vorbelastung,
- Exposition, die aus den genehmigten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser resultiert,
- Exposition aus Direkt- und Streustrahlung, die unmittelbar aus dem genehmigten Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Anlage resultiert.

In §§ 46 und 47 StrlSchV sind für die Exposition bzw. für die Summe der Einzelbeiträge zur Exposition Grenzwerte festgelegt, deren Einhaltung nachzuweisen ist.

Die Modelle und Parameter zur Berechnung der Strahlenexposition für eine Referenzperson sind der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zu § 47 StrlSchV entnommen. Die Strahlenexposition wird für jeweils sechs Altersgruppen an den ungünstigsten Einwirkstellen unter Berücksichti-

gung der in Anlage VII der StrlSchV genannten Expositionspfade, Lebensgewohnheiten und übrigen Annahmen ermittelt.

Sofern radioaktive Ableitungen aus anderen Tätigkeiten an diesem oder anderen Standorten zur Strahlenexposition an den Einwirkstellen beitragen, wurden diese berücksichtigt.

Die Modelle und Parameter der AVV zur Berechnung der Strahlenexposition sind so festgelegt, dass bei deren Anwendung die für die Referenzperson berechnete Strahlenexposition sicher abdeckend ist für die Strahlenexposition jeder Einzelperson der Bevölkerung.

7.5.2. Radiologische Vorbelastung

Gemäß § 47 Abs. 5 StrlSchV sind neben der durch den Betrieb des KKG verursachten Strahlenexposition auch Beiträge aus Ableitungen aus dem Betrieb anderer Anlagen oder Einrichtungen oder früherer Tätigkeiten, die in den Geltungsbereich der StrlSchV fallen (so genannte Vorbelastungen), mit zu berücksichtigen.

Eine Vorbelastung kann dabei aus der Abteilung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft oder dem Abwasser resultieren. Die natürliche Strahlenexposition zählt nicht zur radiologischen Vorbelastung. Bei der Ermittlung der radiologischen Vorbelastung durch andere Anlagen oder Einrichtungen ist von den in den jeweiligen Genehmigungen festgelegten höchstzulässigen Ableitungen auszugehen.

Am Standort KKG existieren durch andere Anlagen oder Einrichtungen keine Beiträge zur Vorbelastung durch Fortluft gemäß § 47 Abs. 5 StrlSchV.

Für das KKG-BELLA sind im bestimmungsgemäßen Betrieb Ableitungen mit der Fortluft ausgeschlossen.

Vorbelastungen des Mains durch radioaktive Ableitungen anderer Anlagen oder Einrichtungen, wie z.B. Krankenhäuser, Forschungsinstitute, Kläranlagen etc. werden berücksichtigt.

Eine Auflistung der potenziellen Vorbelastungen wurde durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) zur Verfügung gestellt. Die maximal genehmigten Aktivitätsmengen, die durch Summation der entsprechenden Einzelwerte für die Gesamtheit der betroffenen Kläranlagen und Abwassersysteme zu berücksichtigen sind, wurden bei der Ermittlung der Strahlenexposition durch Abgabe von Abwasser berücksichtigt.

Für das KKG-BELLA sind im bestimmungsgemäßen Betrieb Ableitungen mit dem Abwasser ausgeschlossen.

7.5.3. Ableitung mit der Fortluft

Bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft wurden gem. StrlSchV folgende Expositionspfade berücksichtigt:

- a) zur Ermittlung der äußeren Strahlenexposition:
 - Exposition durch Betastrahlung innerhalb der Abluftfahne,
 - Exposition durch Gammastrahlung aus der Abluftfahne,
 - Exposition durch Gammastrahlung der am Boden abgelagerten radioaktiven Stoffe;
- b) zur Ermittlung der inneren Strahlenexposition:
 - Exposition durch Aufnahme radioaktiver Stoffe mit der Atemluft (Inhalation),
 - Exposition durch Aufnahme radioaktiver Stoffe mit der Nahrung (Ingestion) mit den Teilpfaden:
 - Luft → Pflanze,
 - Luft → Futterpflanze → Kuh → Milch,
 - Luft → Futterpflanze → Tier → Fleisch,
 - Luft → Muttermilch,
 - Luft → Nahrung → Muttermilch.

Für die Ermittlung der Ausbreitungsverhältnisse wurden die Wetterstatistiken des Standorts herangezogen. Bei der Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen ist eine Berücksichtigung des Einflusses der Gebäude am Standort erforderlich. Diese erfolgte durch die Verwendung von Erhöhungsfaktoren für Ableitungen über den Fortluftkamin, die aus Windkanaluntersuchungen gewonnen wurden. Dabei wurde auch berücksichtigt, dass im Restbetrieb im Vergleich zum Leistungs- und Nichtleistungsbetrieb eine Verringerung der Fortluftmenge erfolgt.

Bei der Berechnung wurde hypothetisch angenommen, dass die beantragten Jahresabgaben von radioaktiven Stoffen ausgeschöpft werden. Als Jahresdosis gilt bei äußerer Strahlenexposition die im Bezugsjahr erhaltene Dosis, bei innerer Strahlenexposition für Erwachsene die 50-Jahre-Folgedosis und für die Säuglinge die 70-Jahre-Folgedosis aufgrund der im Bezugsjahr erfolgten Inkorporation. Bei Expositionspfaden, die mit einer Anreicherung in der Umwelt verbunden sind, wird davon ausgegangen, dass dem Bezugsjahr eine Akkumulationszeit entsprechend der Betriebsdauer der kerntechnischen Anlage von 50 Jahren vorausgeht.

Die ungünstigsten Einwirkstellen sind die Stellen in der Umgebung des KKG, bei der aufgrund der Verteilung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umwelt unter Berücksichtigung realer Nut-

zungsmöglichkeiten die höchste Strahlenexposition der Referenzperson durch deren Aufenthalt bzw. durch den Verzehr der dort erzeugten Lebensmittel zu erwarten ist.

Die ungünstigsten Einwirkstellen bei Stilllegung und Abbau des KKG liegen aufgrund der vorherrschenden Windrichtung und unter Berücksichtigung des Gebäudeeinflusses am Standort etwa 270 m östlich bzw. 400 m westlich des Fortluftkamins jeweils am Anlagenzaun. Als Aufenthaltsdauer wurde Daueraufenthalt mit 8.760 h/a für die Berechnung unterstellt.

Die höchste potentielle effektive Dosis wird für die Altersgruppen der Säuglinge (< 1 Jahr) mit 0,059 mSv/a (entspricht ca. 20 % des Grenzwerts des § 47 StrlSchV) ermittelt.

Alle berechneten Expositionen liegen deutlich unter den Grenzwerten gemäß § 47 StrlSchV. Das hier skizzierte Bild der Strahlenexposition der Bevölkerung ist für alle Altersgruppen ähnlich. Die Werte für die effektive Dosis reichen von 0,059 mSv/a bei Säuglingen (< 1 Jahr; entspricht ca. 20 % des Grenzwerts des § 47 StrlSchV) bis hin zu 0,046 mSv/a bei Erwachsenen (> 17 Jahre; entspricht ca. 15 % des Grenzwerts des § 47 StrlSchV).

7.5.4. Ableitung mit dem Abwasser

Bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser sind standortspezifisch folgende Expositionspfade zu berücksichtigen:

- a) zur Ermittlung der äußeren Strahlenexposition
 - Aufenthalt auf Sediment
- b) zur Ermittlung der inneren Strahlenexposition durch Aufnahme radioaktiver Stoffe mit der Nahrung (Ingestion) durch:
 - Trinkwasser,
 - Wasser → Fisch,
 - Viehtränke → Kuh → Milch,
 - Viehtränke → Tier → Fleisch,
 - Beregnung → Futterpflanze → Kuh → Milch,
 - Beregnung → Futterpflanze → Tier → Fleisch,
 - Beregnung → Pflanze,
 - Muttermilch.

Die Abgabe radioaktiver Betriebsabwässer wurde hinsichtlich der für die Referenzperson in der Umgebung des KKG resultierenden Strahlenexposition untersucht. Die für die verschiedenen zu betrachtenden Altersgruppen berechneten Strahlenexpositionen infolge der Ableitung radioaktiver

Stoffe mit dem Abwasser liegen bei allen betrachteten Expositionsszenarien unterhalb der entsprechenden Dosisgrenzwerte nach § 47 Abs. 1 StrlSchV.

Im Nahbereich ergibt sich durch die radioaktiven Ableitungen des KKG, unter Einbeziehung möglicher Vorbelastungen des Mains durch weitere Einleiter, die maximale Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 29,8 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 0,089 mSv für das Organ „Rotes Knochenmark“ (Jahresdosisgrenzwert 0,3 mSv) in der Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr). Bei der effektiven Dosis (Jahresdosisgrenzwert 0,3 mSv) ergibt sich in diesem Bereich, mit einer entsprechenden Gesamtjahresdosis von ca. 0,083 mSv, die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 28,8 % ebenfalls in dieser Altersgruppe.

Ohne Berücksichtigung der Vorbelastungen ergibt sich die maximale Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 29,6 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 0,089 mSv für den Körperbereich „Rotes Knochenmark“ in der Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr). Bei der effektiven Dosis ergibt sich, mit einer zugehörigen Gesamtjahresdosis von ca. 0,080 mSv, die höchste Grenzwertausschöpfung von ca. 26,8 % in der genannten Altersgruppe.

Im Fernbereich ergibt sich infolge der radioaktiven Ableitungen des KKG mit dem Abwasser, unter Einbeziehung möglicher Vorbelastungen des Mains durch weitere Einleiter, die maximale Grenzwertausschöpfung von insgesamt ca. 11,1 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 0,033 mSv bei der effektiven Dosis (Jahresdosisgrenzwert 0,3 mSv) in der Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr). Ohne Einbeziehung der Vorbelastungen ergibt sich eine maximale Grenzwertausschöpfung von ca. 10,6 % mit einer zugehörigen Jahresdosis von ca. 0,032 mSv, ebenfalls bei der effektiven Dosis in der Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr).

7.5.5. Direktstrahlung

Für die am Standort KKG vorhandenen potentiellen Direktstrahlungsquellen KKG und KKG-BELLA wurde bereits in der Vergangenheit nachgewiesen, dass die Exposition in der Umgebung der Anlagen aus Direktstrahlung aufgrund der Abschirmwirkung der Gebäude praktisch vernachlässigbar ist. Für den Leistungsbetrieb des KKG sind Jahresdosen an den ungünstigsten Aufpunkten am Anlagenzaun von < 0,02 mSv im Kalenderjahr nachgewiesen worden, was im Schwankungsbereich der natürlichen Strahlenexposition (im Mittel ca. 2,4 mSv im Kalenderjahr) liegt.

Da die Gebäude während der Stilllegung und des Abbaus des KKG in ihrer Abschirmwirkung unbeeinträchtigt bleiben und die Abbauprozesse keine Strahlenquellen generieren, die in ihrer Quellstärke über denen aus Vorgängen während des Leistungsbetriebs liegen, sind für die Stilllegung und

den Abbau des KKG keine höheren Expositionen aus Direktstrahlung an den ungünstigsten Aufpunkten zu besorgen.

Im Rahmen der Stilllegung und des Abbaus erfolgen darüber hinaus Transportbereitstellungen und Pufferlagerungen auf dem Betriebsgelände, die zu einer zusätzlichen Direktstrahlungskomponente führen.

Für Transportbereitstellung bzw. Pufferlagerung gilt:

- Eine Transportbereitstellung erfolgt i.d.R. nur für kurze Zeit.
- Auch für die Pufferlagerung ist ein begrenzter Zeitraum vorgesehen.
- Transportbereitstellung und Pufferlagerung erfolgen unter Verwendung geeigneter Verpackungen bzw. Behälter, die die radioaktiven Stoffe vollständig einschließen.
- Flächen außerhalb von Gebäuden werden in entsprechendem Abstand zur Grenze des Überwachungsbereichs eingerichtet und deren radiologische Auswirkungen routinemäßig durch den Strahlenschutz kontrolliert.
- Zur Minimierung der Strahlenexposition im Sinne des § 6 Abs. 2 StrlSchV werden geeignete Maßnahmen wie die Nutzung von Abschirmungen, die Einhaltung von Abständen oder die optimierte Aufstellung von Behältern auf den Transportbereitstellungs- und Pufferlagerflächen durchgeführt.

Die durch die Transportbereitstellung und Pufferlagerung von Reststoffen und radioaktiven Abfällen ausgehende Direktstrahlung wird auf die beschriebene Weise so begrenzt, dass an der Grenze des Betriebsgeländes eine effektive Dosis von 1 mSv unter Berücksichtigung der Vorbelastung und von Ableitungen über Luft und Wasser im Kalenderjahr bei anzusetzenden 8760 h/a Aufenthaltszeit eingehalten wird. Der Nachweis wird im Rahmen des Umgebungsüberwachungsprogramms (vgl. Kap. 7.4.4) geführt. Die Beweissicherung der Einhaltung erfolgt durch Dosimeter.

Aus den bisherigen Messungen geht hervor, dass die vom KKG ausgehende Direktstrahlung an der Grenze des Überwachungsbereichs im Schwankungsbereich der natürlichen Strahlenexposition lag. Die Ergebnisse der Messungen werden auch zukünftig durch die zuständige Aufsichtsbehörde überwacht.

Die vorliegenden Betrachtungen zur Direktstrahlung gelten für alle Verfahrensoptionen während Stilllegung und Abbau des KKG. Auch die im Rahmen der Stilllegung und des Abbaus weiter verwendeten sowie geplanten Einrichtungen und Maßnahmen zur Überwachung radioaktiver Stoffe sind hierfür ausreichend.

8. Organisation und Betrieb

8.1. Aufbauorganisation

Für die Stilllegung und den Abbau des KKG wird eine Aufbauorganisation vorgehalten, die der zentralen Anforderung der Gewährleistung der Sicherheit der Anlage während Stilllegung und Abbau gerecht wird. Damit werden die Forderungen entsprechend § 7 Abs. 2 Nr. 1 AtG bezüglich der Bildung der notwendigen Organisationsstrukturen zur Gewährleistung der Anforderungen an die Sicherheit der Anlage erfüllt.

Eigentümerin und Betreiberin des KKG ist die EKK. Innerhalb der Geschäftsführung der EKK nimmt ein Geschäftsführer die Aufgaben des Strahlenschutzverantwortlichen gemäß § 31 StrlSchV wahr. Er bestellt zur Sicherstellung der Belange des Strahlenschutzes während der Stilllegung und des Abbaus von Anlagenteilen des KKG gemäß § 31 StrlSchV die erforderliche Anzahl an Strahlenschutzbeauftragten.

Die Geschäftsführung des Unternehmens beauftragt den Leiter der Anlage (LdA) mit der Leitung und Beaufsichtigung der Stilllegung und dem Abbau der Anlage. Hierzu gehören auch die Aufgaben des Strahlenschutzverantwortlichen gemäß StrlSchV. Der LdA ist der Geschäftsführung direkt unterstellt. Der LdA entscheidet aufgrund seiner besonders nachgewiesenen Fachkompetenz unter Beachtung der Bestimmungen des Atomrechts, der Atomrechtliche Genehmigungen und Auflagen, der Aufsichtsbehördliche Maßnahmen und Anordnungen sowie der im BHB/PHB festgelegten Vorschriften über das sicherheitstechnische Vorgehen bei der Stilllegung und dem Abbau der Anlage sowie über zur Umsetzung notwendige einzuleitende Maßnahmen.

Zur Erfüllung seiner Aufgaben steht dem LdA eine Aufbauorganisation zur Verfügung, die aus Fach- und Stabsbereichen gebildet wird, die ihm direkt unterstehen. Die Fachbereiche werden weiter in Teilbereiche untergliedert.

Zwischen den Organisationseinheiten sind die Aufgaben nach Sachzusammenhängen gegliedert und so voneinander abgegrenzt, dass die Zuständigkeits- und Verantwortungsbereiche klar ersichtlich sind.

Die Aufbauorganisation besteht insbesondere aus den Fachbereichen:

- Technik,
- Restbetrieb,
- Überwachung

mit einer Untergliederung in Teilbereiche sowie zusätzlich in Stabsfunktionen und Beauftragte. Als Beauftragte werden u.a. benannt:

- Strahlenschutzbeauftragter,
- Kerntechnischer Sicherheitsbeauftragter,
- Gewässerschutzbeauftragter,
- Objektschutzbeauftragter,
- Brandschutzbeauftragter,
- Gefahrgutbeauftragter,
- Managementsystembeauftragter,
- IT-Sicherheitsbeauftragter.

Die Aufbauorganisation wird einhergehend mit den Fortschritten beim Abbau der Anlage fortentwickelt und an die jeweiligen Anforderungen angepasst. Dazu werden im Rahmen der jeweils geltenden Regelungen im atomrechtlichen Aufsichtsverfahren entsprechende Anträge gestellt und begründet.

8.2. Regelungen zum Restbetrieb

Die Regelungen zum Restbetrieb umfassen im Wesentlichen:

- das BHB,
- das Notfallhandbuch,
- das Prüfhandbuch und
- die KKG-Managementsystembeschreibung.

Im BHB sind unter anderem die für den Restbetrieb geltenden Auflagen und Regelungen zusammengestellt. Dies sind alle betriebstechnischen und sicherheitstechnischen Anweisungen an das Betriebspersonal, die für einen bestimmungsgemäßen Restbetrieb einschließlich der Beherrschung von Betriebsstörungen erforderlich sind.

Das BHB gliedert sich in folgende Teile:

- Teil 0 Inhalt und Einführung,
- Teil 1 Betriebsordnungen,
- Teil 2 Restbetrieb,
- Teil 3 Störereignisbehandlung im Restbetrieb,
- Teil 4 Betrieb der Systeme,
- Teil 5 Anhang des Betriebshandbuchs.

Der Teil 0 des Betriebshandbuchs enthält die Gesamtinhaltsübersicht und erläutert in einer Einführung das Betriebshandbuch.

Der Teil 1 des Betriebshandbuchs enthält folgende Abschnitte:

- Personelle Betriebsorganisation,
- Warten- und Schichtordnung,
- Instandhaltungs- und Rückbauordnung,
- Strahlenschutzordnung,
- Wach- und Zugangsordnung,
- Alarmordnung,
- Brandschutzordnung,
- Erste-Hilfe-Ordnung.

Der Teil 2 des Betriebshandbuchs beschreibt den Betrieb der Gesamtanlage. Die Inhalte sind unter anderem:

- Auflagen und Bedingungen zum Restbetrieb sowie Klassifizierung der Systeme (u.a. sicherheitstechnische und Aktivitäts-Grenzwerte, Meldekriterien),
- Prüfhandbuch (Wiederkehrende Prüfungen).

Der Teil 3 des Betriebshandbuchs beschreibt die Ereignisbehandlung (Störereignisse) im Restbetrieb.

Im Teil 4 des Betriebshandbuchs werden alle Betriebsweisen der Systeme sowie deren Störmeldungen beschrieben:

- Betrieb der Systeme, einschl. Störmeldungen und Stellungslisten,
- Hebezeuge, Lastanschlagmittel- und punkte.

Im Teil 5 des Betriebshandbuchs werden Anhänge zusammengefasst:

- Zusammenstellung der verwendeten Abkürzungen,
- Auflistung der verwendeten Anweisungen und Vorschriften,
- Liste der Genehmigungsunterlagen.

Das Prüfhandbuch (PHB) ist in Anlehnung an das kerntechnische Regelwerk (KTA 1202 „Anforderungen an das Prüfhandbuch“ /8.3/) gegliedert. Die Festlegungen zu den wiederkehrenden Prüfungen wie Prüflisten, Prüfanweisungen usw. sind Gegenstand des Prüfhandbuchs.

Die wesentlichen Festlegungen zum Managementsystem sind in der KKG-Managementsystembeschreibung enthalten (vgl. Kap. 8.4).

8.3. Dokumentation

Die während des Restbetriebs durchgeführten Maßnahmen werden dokumentiert. Dabei bleibt zu jedem Zeitpunkt der aktuelle Status der Anlage im Hinblick auf:

- das radioaktive Inventar und seine Verteilung, sowie
- den Zustand der noch vorhandenen Gebäude, Restbetriebssysteme und Komponenten

ersichtlich und der aufsichtlichen Überprüfung zugänglich.

Weiterhin werden Daten über den Strahlenschutz des Personals, die Abgabe radioaktiver sowie nicht radioaktiver Stoffe sowie die Mengen aus den Freigabeverfahren gemäß § 29 StrlSchV dokumentiert.

8.4. Qualitäts- und Sicherheitsmanagement

Alle qualitäts- und sicherheitsrelevanten Festlegungen sind im Betriebshandbuch (BHB), in der „KKG-Managementsystembeschreibung“ und den unterlagerten Unterlagen (Prozessleitlinien, Prozessanweisungen, Ausführungsanweisungen) geregelt.

Die Verantwortung für das Managementsystem und damit auch für die Qualitätssicherung obliegt dem LdA, welcher auch als „Beauftragter der obersten Leitung“ im Sinne der DIN EN ISO 9001 /8.2/ benannt ist.

Das Qualitätsmanagement umfasst die Gesamtheit aller organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Sicherung der Qualität. Ein wesentlicher Grundsatz des Managementsystems ist der PDCA-Zyklus, der in die Phasen unterteilt wird:

- Planung (Plan), Qualitätsplanung:
Ermittlung, Auswahl, Klassifikation und Gewichtung von Anforderungen, die zu erfüllen sind.
- Durchführung / Lenkung (Do), Qualitätslenkung:
Vorbeugende, überwachende und korrigierende Tätigkeiten bei der Durchführung mit dem Ziel die Anforderungen zu erfüllen.
- Prüfung (Check), Qualitätsprüfung:
Feststellung, ob die Anforderungen erfüllt sind.
- Qualitätsverbesserung (Act):
Maßnahmen zur Erhöhung der Effizienz, Erfahrungsrückfluss, kontinuierliche Prozessverbesserung.

Es werden die allgemeinen technischen Normen (konventionelles Regelwerk) angewandt. Die Umsetzung des Sicherheitsmanagementsystems erfolgt in Anlehnung an die KTA 1402 /8.4/. Soweit spezielle Anforderungen an die kerntechnische Sicherheit oder den Strahlenschutz zu stellen sind, werden für das Qualitätsmanagement u.a. die Anforderungen aus der KTA 1401 /8.1/ herangezogen. Dort sind Grundsätze und Forderungen an die Qualitätssicherung festgelegt wie z.B.:

- Organisation,
- Personalqualifikation,
- Planung und Auslegung,
- Beschaffung,
- Fertigung, Montage, Errichtung einschließlich Qualitätsprüfungen,
- Inbetriebsetzung,
- Mess- und Prüfmittel,
- Behandlung fehlerhafter Produkte,
- Dokumentation und Archivierung,
- Prüfung des Qualitätsmanagementsystems.

8.5. Erhalt der Fachkunde während der Stilllegung und des Abbaus

Viele Stilllegungstätigkeiten, insbesondere bei Abbau von Anlagenteilen, sind in ihrer technischen Durchführung vergleichbar mit den bisherigen Vorgängen zur Instandhaltung, Wartung, Austausch und Erneuerung. Insoweit sind abbauspezifische Sicherheitsbetrachtungen lediglich für den ggf. anders zu bewertenden Zustand der Anlage, den Abbau von Komponenten im größeren Maßstab, für neu zu errichtende oder zu ändernde Systeme sowie für neue technische Verfahren erforderlich.

Für die Abwicklung der Stilllegung und des Abbaus verstärkt in den Fachkunderwerb und den Fachkunderhalt aufzunehmende Themen sind:

- Abbauspezifische Kenntnisse bzgl. Methoden des Abbaus, Dekontaminationsverfahren, Verhinderung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe,
- Bedeutung von Restbetriebssystemen und Sicherstellung der Rückwirkungsfreiheit von Stilllegungstätigkeiten auf Brennelemente, Sonderbrennstäbe und Restbetriebssysteme,
- Behandlung der Reststoffe (Reststoffverwertung, Konditionierung radioaktiver Abfälle, Grenzwerte und Verfahren zur Freimessung).

Während des Abbaus können neue Schwerpunkte gesetzt werden und nach Entfernen der Kernbrennstoffe aus der Anlage („Kernbrennstofffreiheit“) können Ausbildungsinhalte wie Reaktorphysik, Energiefreisetzung und Thermohydraulik entfallen.

Für das Betriebs- und Fremdpersonal, das nach den gültigen Richtlinien seinen Fachkundenachweis erbracht hat, zielt der Fachkunderhalt schwerpunktmäßig auf die anzupassenden Themenbereiche für den Arbeitsschutz, Brandschutz und Strahlenschutz sowie für den Restbetrieb, die Wartung und die Instandhaltung.

Für neues Betriebs- und Fremdpersonal beziehen sich, abhängig vom Stand des Abbaus und der wahrzunehmenden Funktion, die anlagenspezifischen Kenntnisse im Wesentlichen auf die Bereiche der Hilfs- und Versorgungssysteme.

Darüber hinaus sind Kenntnisse der gesetzlichen Grundlagen und der administrativen Maßnahmen, insbesondere der Genehmigungsbescheide und der Betriebsordnungen, in einem der jeweiligen Stilllegungsphase angepassten Umfang zu vermitteln.

Aufgrund der gewonnenen Erfahrungen während der Stilllegungsphasen können die Programme und der Umfang der Maßnahmen den Gegebenheiten angepasst werden.

9. Ereignisanalyse

9.1. Allgemeines

Eine Stilllegungsgenehmigung (Genehmigung für die Stilllegung und den Abbau der Anlage oder von Anlagenteilen des KKG gemäß § 7 Abs. 3 AtG) darf nur erteilt werden, wenn die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Stilllegung und den Abbau des KKG getroffen ist (§ 7 Abs. 3 Satz 2 AtG in Verbindung mit § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG). Dieses wird im Rahmen einer Ereignisanalyse nachgewiesen.

Es wurde der Nachweis erbracht, dass für die zu berücksichtigenden Ereignisabläufe der gesetzlich festgelegte Grenzwert von 50 mSv für die Strahlenexposition in der Umgebung nach §§ 49 und 50 in Verbindung mit § 117 Abs. 16 StrlSchV deutlich unterschritten wird.

Als Ereignis mit den größten radiologischen Folgen wurde der Brand eines Filtermobils identifiziert.

9.2. Aktivitätsinventar der abzubauenden Anlage

Das Aktivitätsinventar zum Beginn des Abbaus des KKG ergibt sich im Wesentlichen aus dem noch vorhandenen Aktivitätsinventar der bestrahlten Brennelemente und Sonderbrennstäbe (siehe auch Kapitel 3.3).

Diese Aktivität ist durch die zuverlässige Kühlung der Brennelemente sicher in Form von Kernbrennstoffpellets in den Brennstabhüllrohren der Brennstäbe eingeschlossen. Bei einem unterstellten Handhabungsfehler bei der Entsorgung der Brennelemente, der eine Beschädigung der Hüllrohre hervorruft, kann nur ein sehr geringer Teil der eingeschlossenen gasförmigen radioaktiven Stoffe entweichen, wie weiter unten dargestellt wird.

Von der Aktivität, die nach der Entfernung des gesamten Kernbrennstoffs noch in der Anlage verblieben ist, ist der überwiegende Anteil fest in den Einbauten des Reaktordruckbehälters eingebunden. Eine Freisetzung von Teilen dieser Aktivität ist nur über luftgetragene Partikel aus der Zerlegung dieser Einbauten und des zylindrischen Teils des Reaktordruckbehälters möglich. Durch die Wahl der Zerlegeverfahren, insbesondere die Unterwasserzerlegung der Einbauten des Reaktor-

druckbehälters, kann auch über diesen Weg, wenn überhaupt, nur eine sehr geringe Menge radioaktiver Stoffe freigesetzt werden.

Für die Bewertung möglicher Risiken des Abbaus ist zusätzlich die Aktivität zu berücksichtigen, die aus der Kontamination von:

- Systemen, Anlagenteilen und Baustrukturen und
- radioaktiven Abfällen aus dem bisherigen Betrieb

resultiert.

Ereignisbedingte Wege für eine Freisetzung von einem Teil dieser Aktivität werden in der vorliegenden Ereignisanalyse beschrieben. Dafür werden die Vorgaben des geltenden Regelwerks auf das geplante Vorhaben angewendet.

9.3. Zu betrachtende Ereignisse

Alle möglichen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisabläufe der Stilllegung und des Abbaus wurden analysiert, und falls relevant bewertet. Es wurde nachgewiesen, dass der festgelegte maximale Wert für die potenzielle Exposition als Folge der zu betrachtenden sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisabläufe eingehalten und sogar um mehrere Größenordnungen unterschritten wird oder dass ausreichend Vorsorge getroffen wird, um das Ereignis zu vermeiden oder in seiner Auswirkung zu begrenzen.

Für den Leistungsbetrieb bildeten die Kernspaltung und das Vorhandensein radioaktiver Spaltprodukte, bei deren Zerfall Wärmeenergie freigesetzt wird, in Verbindung mit hohen Drücken und Temperaturen der Betriebsmedien das hauptsächliche Potenzial für die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Anlage in die Umgebung. Für die Stilllegung und den Abbau fehlt dieses Potenzial aufgrund der Abschaltung der Anlage vollständig.

Nach Abtransport aller Brennelemente aus dem KKG sind mehr als 99 % des bei der endgültigen Abschaltung vorhandenen Aktivitätsinventars aus der Anlage entfernt. Die meisten Anlagenteile und Systeme des KKG zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe sind nun hinsichtlich der noch auftretenden Anforderungen überdimensioniert.

Hinsichtlich des zu betrachtenden Ereignisspektrums verbleiben nur noch sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisabläufe, die beim Leistungsbetrieb des KKG eine untergeordnete Rolle spielt

haben. Darüber hinaus sind allerdings zusätzlich Ereignisse zu betrachten, die erst durch die stilllegungsbedingten Arbeiten im KKG auftreten können.

Die betrachteten Ereignisabläufe für die Stilllegung und den Abbau sind unterteilt nach folgenden Ereignisgruppen:

Einwirkungen von innen (EVI):

- Ereignisse bei Lagerung und Handhabung von bestrahlten Brennelementen,
- Anlageninterne Leckagen und Überflutungen,
- Ausfälle und Störungen von Hilfs- und Versorgungseinrichtungen,
- Anlageninterne Brände und Explosionen,
- Mechanische Einwirkungen (Ereignisse bei Handhabungs- und Transportvorgängen),
- Chemische Einwirkungen,
- Elektromagnetische Einwirkungen.

Einwirkungen von außen (EVA):

- Naturbedingte Einwirkungen:
 - Sturm, Regen, Starkregen, Schneefall, Schneelasten, Frost und außergewöhnliche Hitzeperioden,
 - Blitzschlag,
 - Hochwasser,
 - Erdbeben,
 - biologische Einwirkungen,
 - Waldbrände,
 - Erdbeben.
- Zivilisatorisch bedingte Einwirkungen:
 - Flugzeugabsturz,
 - anlagenexterne Explosionen,
 - anlagenexterner Brand,
 - Eindringen gefährlicher Stoffe.

Gegenseitige Beeinflussung von anderen Anlagen am Standort

Für die Analyse wurden die nachfolgend beschriebenen Ereignisse in zwei Kategorien unterschieden:

- Ereignisabläufe, die aufgrund der getroffenen Vorsorgemaßnahmen ausgeschlossen werden können bzw. für die radiologische Auswirkungen nicht zu besorgen sind, sowie
- Ereignisabläufe, deren radiologische Auswirkungen bewertet (radiologisch relevant) oder berechnet (radiologisch repräsentativ) werden, wenn nicht ausgeschlossen werden kann, dass die ereignisbedingt freigesetzten radioaktiven Stoffe die genehmigten Ableitungen übersteigen.

9.4. Ereignisse durch Einwirkung von innen

9.4.1. Lagerung und Handhabung bestrahlter BE und Sonderbrennstäbe

Ereignisse bei Lagerung und Handhabung von bestrahlten BE sind nur solange zu betrachten, wie noch bestrahlte BE im BE-Lagerbecken gelagert werden müssen. Die Ereignisbeherrschung sowie der dazu benötigte Systemumfang entsprechen dem bisher genehmigten Stand der Anlage. Dieser Status bleibt auch nach Erteilung der beantragten Stilllegungs- und Abbaugenehmigung für die Abschnitte 1A und 1B von Stilllegung und Abbau erhalten.

Ausfall der Beckenkühlung einschl. Leckage aus dem BE-Lagerbecken oder an seinen Kühl- und Reinigungssystemen

Für die zuverlässige Kühlung der bestrahlten Brennelemente im BE-Lagerbecken stehen die Systeme und Einrichtungen aus dem bisherigen Betrieb weiterhin uneingeschränkt zur Verfügung.

Es wird jederzeit gewährleistet, dass die Systeme und Einrichtungen zur Lagerung und Kühlung der bestrahlten Brennelemente in ihrer Funktion nicht durch den Abbau von Anlagenteilen beeinträchtigt werden.

Wie im bisherigen Betrieb kann es sowohl zu einem Ausfall der BE-Lagerbeckenkühlung als auch zu einem Ausfall der Systeme und Einrichtungen kommen, die die von der BE-Lagerbeckenkühlung aufgenommene Restwärme der bestrahlten Brennelemente über einen Zwischenkreislauf an den Main abgeben. Derartige Ausfälle werden durch die Zuschaltung der in Bereitschaft stehenden zueinander redundanten Beckenkühlstränge kompensiert. Diese können zusätzlich durch eine unabhängige Notstromversorgung mit Dieselgeneratoren mit Strom versorgt werden, wenn die Stromversorgung aus dem Landesnetz ausgefallen sein sollte.

Neben diesen Ereignissen werden auch kleine und größere Lecks bis hin zu Rohrleitungsbrüchen in den beteiligten Systemen betrachtet. Die dabei austretenden Flüssigkeiten würden nur geringe Temperaturen aufweisen, bei denen es nicht zu einer Spontanverdampfung, sondern nur zu einer vergleichsweise geringen Freisetzung von radioaktiven Stoffen durch Verdunstung käme. Bei einem Leck in einem mit Reaktorkühlmittel beaufschlagten Kühler des Nuklearen Zwischenkühlsystems würde das Wasser in den Zwischenkühlkreis eintreten. Eine Freisetzung wäre in diesem Fall aufgrund einer weiteren Barriere ausgeschlossen.

Für all diese Ereignisse kann festgestellt werden, dass die Schutzziele, die für Stilllegung und Abbau weiterhin gelten, nicht verletzt oder gefährdet werden. Selbst bei einem Bruch einer an das BE-Lagerbecken angeschlossenen Rohrleitung würde durch die konstruktive Ausführung der betroffenen Systeme und Einrichtungen, deren sämtliche Anschlüsse sich oberhalb der BE-Oberkanten befinden, eine ausreichende Wasserüberdeckung der bestrahlten Brennelemente und Sonderbrennstäbe gewährleistet. Radiologische Auswirkungen sind für Ereignisse bei der Kühlung der Brennelemente auszuschließen.

Unbeabsichtigte Verringerung des Borgehaltes im BE-Lagerbecken

Bei einer unterstellten Verringerung des Normalbetriebswerts der Borsäurekonzentration unter 2200 mg/kg des BE-Lagerbeckenwassers wird die Unterkritikalität im BE-Lagerbecken durch die vorgegebenen Mindestabstände der Brennelemente voneinander in den Lagergestellen sowie durch die Absorberschächte um die Brennelemente gewährleistet. Die Anordnung der Brennelemente im BE-Lagerbecken bliebe auch dann noch hinreichend unterkritisch, wenn das BE-Lagerbecken statt mit borsäurehaltigem Wasser mit Deionat gefüllt wäre.

Beschädigung von Brennelementen bei der Handhabung

Es wird angenommen, dass bei der Handhabung der bestrahlten Brennelemente ein Brennelement abstürzen oder anderweitig beschädigt werden kann, so dass Hüllrohre der Brennstäbe des abgestürzten Brennelements undicht werden könnten.

Eine radiologische Bewertung des Ereignisses „Beschädigung von BE bei der Handhabung“ wurde bereits im Rahmen des bisherigen Betriebs der Anlage durchgeführt. Demgemäß beträgt die maximale effektive Dosis am ungünstigsten Aufpunkt für die potentiell am stärksten exponierte Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) 0,0055 mSv und 0,003 mSv für die Altersgruppe der Erwachsenen (> 17 Jahre). Das zukünftige Entfernen der BE verringert das Aktivitätsinventar auf der Anlage. Daher ist eine erneute radiologische Bewertung für Stilllegung und Abbau des KKG nicht erforderlich.

9.4.2. Anlageninterne Überflutungen und Leckagen

Anlageninterne Überflutung innerhalb von Gebäuden mit sicherheitstechnisch wichtigen Systemen

Eine anlageninterne Überflutung führt aufgrund der Auslegung der Gebäude und Systeme mit entsprechenden Vorsorgemaßnahmen wie z.B. bauliche Trennung redundanter Systeme oder sehr großen Aufnahmekapazitäten im Verhältnis zu den freisetzbaren Wassermengen nicht zu einem vollständigen Ausfall der Systeme und Einrichtungen zur Kühlung der bestrahlten Brennelemente im BE-Lagerbecken. Ein Ausfall von Teilen dieser Systeme und Einrichtungen hat aufgrund des redundanten und getrennten Aufbaus der für die Kühlung der noch vorhandenen Brennelemente notwendigen Systeme keine Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit der Lagerung der bestrahlten Brennelemente.

Komponenten mit relevantem Aktivitätsinventar stehen in als Wannen ausgebildeten Räumen. Konstruktive Maßnahmen in den Bauwerken verhindern das Übergreifen einer unterstellten Raumüberflutung in benachbarte Räumlichkeiten. Damit sind relevante Aktivitätsfreisetzungen und daraus folgende radiologische Folgen aufgrund von anlageninternen Überflutungen auszuschließen.

Versagen des Abwasserverdampfers in der Abwasseraufbereitung

Beim Versagen des Abwasserverdampfers in der Abwasseraufbereitung tritt heißes Medium mit hoher Aktivität aus. Die radioaktiven Stoffe gelangen infolge der Spontanverdampfung des austretenden Mediums und der Mitnahme von Tröpfchen als Aerosole in die Raumluft und werden z.T. über den Fortluftkamin freigesetzt. Das Ereignis ist damit als radiologisch relevant einzustufen und als abdeckend für diese Ereignisgruppe anzusehen.

Eine radiologische Bewertung des Ereignisses „Versagen des Abwasserverdampfers in der Abwasseraufbereitung“ wurde im Rahmen des bisherigen Betriebes der Anlage durchgeführt. Demgemäß beträgt die maximale effektive Dosis 0,08 mSv am ungünstigsten Aufpunkt für die am stärksten belastete Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) und 0,064 mSv für die Altersgruppe der Erwachsenen (> 17 Jahre). Das potentiell betroffene Aktivitätsinventar im Verdampfer während Stilllegung und Abbau des KKG wird aufgrund des Wegfalls kurzlebiger Radionuklide (z.B. I-131) geringer sein. Daher ist eine erneute radiologische Bewertung für Stilllegung und Abbau des KKG nicht erforderlich.

Leck im Nasszerlegebereich bei der Zerlegung aktivierter Bauteile

Bei der Zerlegung von Komponenten im Nasszerlegebereich wird ein Teil der dort vorhandenen Aktivität in Form von Kontamination in das Wasser eingetragen. Die radioaktiven Stoffe liegen in gelöster Form insbesondere im Ergebnis von genutzten thermischen Zerlegeverfahren oder als nichtlösliche Verunreinigungen (Späne) im Ergebnis der vorrangig angewendeten mechanischen Zerlegeverfahren vor. Letztere werden weitgehend durch die vorhandene Wasserreinigungsanlage im Zerlegebereich aus dem Wasser herausgefiltert.

Das durch eine Leckage im gefluteten Zerlegebereich mobilisierte radioaktive Inventar im Wasser verbleibt innerhalb des Reaktorgebäudes. Die radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung sind aufgrund der vorhandenen Einrichtungen und getroffenen Maßnahmen wie die gerichtete Luftströmung, die Filterung der Fortluft wie auch der mögliche Lüftungstechnische Abschluss sehr gering. Dies gilt auch für Leckagen, die infolge eines Absturzes von Komponenten oder Segmenten bei der Zerlegung aufgrund mechanischer Einwirkungen auf den mit Stahl ausgekleideten Nasszerlegebereich entstehen. Leckagen können schnell detektiert, lokalisiert und unverzüglich abgedichtet werden.

Eine Bewertung der Auswirkungen auf die Umgebung kann entfallen, da die Aktivitätskonzentration im Wasser des Zerlegebereichs im Vergleich zum Abwasserverdampferbehälter um Größenordnungen geringer ist. Eine Freisetzung in die Raumluft ist bei dem betrachteten Leck im Nasszerlegebereich nur über die Mitnahme bei der Verdunstung des kalten Wassers möglich. Diese Ereignisse sind radiologisch nicht führend in dieser Ereignisgruppe.

9.4.3. Ausfall und Störungen von Hilfs- und Versorgungseinrichtungen

Zu weiteren Hilfs- und Versorgungseinrichtungen gehören im Wesentlichen die Eigenbedarfsversorgung sowie die davon versorgten Einrichtungen der Leit- und Überwachungstechnik der für Stilllegung und Abbau noch zu betreibenden Systeme, der Brandschutzeinrichtungen sowie der Lüftungsanlagen einschließlich der Einrichtungen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe.

Ausfall und Störung der Eigenbedarfsversorgung

Solange noch bestrahlte Brennelemente im BE-Lagerbecken vorhanden sind, werden die vorhandenen Kühlsysteme und die entsprechenden Einrichtungen zur Energieversorgung im jeweils erforderlichen Umfang weiterbetrieben. Mit diesen Einrichtungen ist eine zuverlässige Kühlung der bestrahlten Brennelemente gewährleistet.

Ein Ausfall der betrieblichen Stromversorgung, also auch ein Ausfall der Blockeinspeisung, führt zu einer kurzfristigen Unterbrechung der Kühlung der bestrahlten Brennelemente, bis die Stromversorgung über die bestehende Notstromversorgung aus Dieselanlagen wiederhergestellt ist. Für die Beckenkühlung stehen bis zum Ende der Abbauphase 1A, also bis zur BE-Freiheit, für jeden der zwei sicherheitstechnisch relevanten Kühlstränge zwei Notstromdiesel zur Verfügung. Nach Wiederkehr der Versorgung aus dem Landesnetz wird wieder auf die betriebliche Stromversorgung zurückgestellt. Selbst bei einem unterstellten längeren Ausfall sämtlicher Kühlsysteme stehen aufgrund der geringen Nachzerfallswärmeleistung der bestrahlten Brennelemente lange Karenzzeiten (mehrere Tage) zur Verfügung um die Kühlung wiederherzustellen.

Ausgewählte Einrichtungen, welche an die batteriegepufferte Stromversorgung angeschlossen sind, wie z.B. Not- und Fluchtwegbeleuchtung, Leittechnik, Strahlenschutzüberwachungseinrichtungen, Lüftungsklappen, Brandschutzklappen und Feuermelde- und Alarmanlagen bleiben unabhängig von einem Ausfall der betrieblichen Stromversorgung in Betrieb. Die Lüftungstechnischen Anlagen, die nicht notstromversorgt sind, schalten sich bei Stromausfall ab.

Die Unterbrechung der Stromversorgung von weiteren Restbetriebssystemen und Einrichtungen zum Abbau von Anlagenteilen führt nicht zu einer Mobilisierung von radioaktiven Stoffen mit anschließender Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung. Die Lüftungsklappen der Zu- und Abluft werden aufgrund der batteriegepufferten Spannungsversorgung auch bei einer Unterbrechung der Stromversorgung gemäß betrieblicher Regelungen geschlossen. Dies gilt für den gesamten Stilllegungs- und Abbauperiodenraum. Alle laufenden Arbeiten, die zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Raumluft führen können, werden bei einem Stromausfall unverzüglich eingestellt und der Kontrollbereich wird durch das Personal geordnet verlassen, bis die Energieversorgung wieder hergestellt und die gerichtete Luftströmung wieder gewährleistet ist. Damit sind Ereignisse im Zusammenhang mit einem Ausfall der Stromversorgung für eine radiologische Bewertung nicht relevant.

Ausfall bzw. Störung von Lüftungsanlagen sowie von Einrichtungen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe

Bei der Demontage und Zerlegung radioaktiv kontaminierter und aktivierter Anlagenteile im Kontrollbereich, in deren Folge mit einer verstärkten Mobilisierung von radioaktiven Stoffen in Form von Aerosolen gerechnet werden muss, werden zusätzliche mobile Einrichtungen zur lüftungstechnischen Trennung mit Luftabsaugung und Luftfilterung eingesetzt. Bei einem Ausfall der lufttechnischen Anlagen im Kontrollbereich werden die Arbeiten im Kontrollbereich, insbesondere Abbaumaßnahmen, die zu einem Austrag von radioaktiven Aerosolen in die Raumluft führen könnten, eingestellt. Die relevanten Lüftungsklappen werden gemäß betrieblichen Regelungen geschlossen.

Eine Beschädigung mobiler Einrichtungen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe, wie oben beschrieben, führt nicht zu einem Ausfall der Lüftungsanlagen des Kontrollbereichs und deren Einrichtungen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe. Radiologische Auswirkungen auf die Umgebung durch den Ausfall der Lüftungstechnischen Anlagen sind nicht zu besorgen.

9.4.4. Anlageninterne Brände und Explosionen

Dieser Abschnitt berücksichtigt die für Stilllegung und Abbau relevanten internen Brandereignisse und Explosionen:

- Anlageninterner Brand mit Auswirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Systeme,
- Brand von brennbarem Mischabfall,
- Brand eines Filtermobils beim Abbau im Kontrollbereich,
- Brand auf dem Anlagengelände,
- Anlageninterne Explosionen.

Anlageninterner Brand mit Auswirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Systeme

Das Ereignis „Anlageninterner Brand mit Auswirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Systeme“ entspricht hinsichtlich Ereignisablauf und Systemumfang zur Ereignisbeherrschung für die Abbauphase 1 dem bisher genehmigten Stand. Sicherheitstechnisch wichtige Systeme wie z.B. Beckenkühlsysteme oder Zwischenkühlsysteme sind redundant vorhanden und durch räumliche Trennung gegen Auswirkungen durch anlageninterne Brände geschützt. Durch eine Reihe von technischen und administrativen Vorsorgemaßnahmen wird im KKG die Eintrittswahrscheinlichkeit von Bränden deutlich reduziert sowie eine frühzeitige Erkennung und Bekämpfung sichergestellt. Zu diesen Vorsorgemaßnahmen zählen unter anderem bauliche Brandschutzmaßnahmen wie die Unterteilung der Gebäude in Brandabschnitte und Brandbekämpfungsabschnitte, die Kapselung bzw. der Einschluss der Brandlasten, die Minimierung potentieller Zündquellen sowie Brandmeldeeinrichtungen, Lösch- und Entqualmungsanlagen.

Durch die deutliche Reduktion von Brandlasten und Zündquellen im Verhältnis zum Leistungsbetrieb verringert sich die Eintrittswahrscheinlichkeit weiter.

Aufgrund der genannten Vorsorgemaßnahmen sind Auswirkungen dieses Ereignisses radiologisch nicht relevant.

Brand von brennbarem Mischabfall

Brennbare radioaktive Abfälle werden im Kontrollbereich sortiert und behandelt. Alle Prozesse zur Behandlung zu brennbaren Mischabfällen sind so ausgelegt, dass hinsichtlich der Brandgefahr die höchstmögliche Sicherheit gegeben ist.

Brand eines Filtermobils beim Abbau im Kontrollbereich

Im weiteren Verlauf von Stilllegung und Abbau werden mobile Filteranlagen eingesetzt, um die Belastung der Raumluft und entsprechend der Abluft mit Schadstoffen und radioaktiven Aerosolen infolge von Abbautätigkeiten in zulässigen Grenzen zu halten. Beim unterstellten Brand dieser mobilen Filteranlagen können Anteile der in diesen mobilen Filteranlagen zurückgehaltenen radioaktiven Stoffe in die Raumluft freigesetzt werden.

Brand auf dem Anlagengelände

Ein Brand auf dem Anlagengelände wurde hinsichtlich möglicher Folgen für sicherheitstechnisch wichtige Anlagenteile und Systeme im Rahmen des bisherigen Betriebs betrachtet. Für Stilllegung und Rückbau ergeben sich keine neuen Aspekte, die zusätzlich zu berücksichtigen wären. Relevante Brandlasten auf dem Anlagengelände während des Restbetriebs sind die Ölmengen in der Maschinentrafoanlage, in der Fremdnetztrafoanlage und im Heizöltanklager. Die Auswirkungen eines Brandes in einer dieser Anlagen auf Gebäude und Einrichtungen mit sicherheitstechnisch wichtigen Funktionen werden durch ausreichende Abstände zwischen Gebäude und Brandlast oder durch ausreichend feuerwiderstandsfähige Bauteile vermieden oder begrenzt. Die Gebäudestrukturen sind für die dabei auftretenden Temperaturbelastungen ausgelegt.

Bei der Pufferlagerung werden Reststoffe in verschlossenen Stahlblechcontainern auf dem Anlagengelände außerhalb von Gebäuden gelagert. Brennbare Reststoffe und radioaktive Abfälle in verschlossenen Stahlblechcontainern sind gemäß ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung /9.1/ als nicht brennbar einzustufen. Die im Nahbereich der vorgesehenen Pufferlagerflächen vorhandenen Brandlasten reichen nicht aus, um die Integrität der Gebinde im Brandfall zu beschädigen. Radiologisch relevante Freisetzungen sind daher ausgeschlossen.

Anlageninterne Explosionen

Anlageninterne Explosionen sind hinsichtlich Ereignisablauf und Systemumfang zur Ereignisherrschaft bisher genehmigter Stand.

Wasserstoff aus der Radiolyse fällt als Hauptgefährdungsträger für Explosionen im Restbetrieb nicht mehr an. Weiterhin wurden die Wasserstoffvorräte auf der Anlage, die während des Leistungsbetriebes unter anderem zur Generatorkühlung notwendig waren, entfernt.

Für die während Stilllegung und Abbau weiterhin verwendeten technischen Gase werden die einschlägigen Normen zur Verwendung und Lagerung eingehalten.

Eine Explosion mit radiologisch relevanter Freisetzung ist daher ausgeschlossen.

Radiologische Bewertung

Als repräsentativ für die radiologischen Auswirkungen anlageninterner Brände werden die Ereignisse:

- Brand von brennbarem Mischabfall, und
- Brand eines Filtermobils beim Abbau im Kontrollbereich

betrachtet.

Das radiologisch abdeckende Ereignis ist dabei der Brand eines Filtermobils beim Abbau im Kontrollbereich.

Die maximale effektive Dosis für dieses Ereignis mit der Freisetzung über den 160 m hohen Fortluftkamin beträgt für die am stärksten belastete Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) am ungünstigsten Aufpunkt in einer Entfernung von 180 m (Entfernung zum Anlagenzaun) 0,28 mSv und für die Altersgruppe der Erwachsenen (> 17 Jahre) 0,20 mSv.

Für das Ereignis „Brand von brennbarem Mischabfall“ wird abdeckend ein Ereignis im Entsorgungsbauwerk ZD mit der Freisetzung über den 160 m hohen Fortluftkamin untersucht. Hierbei beträgt die maximale effektive Dosis für die am stärksten belastete Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) am ungünstigsten Aufpunkt in einer Entfernung von 180 m (Entfernung zum Anlagenzaun) 0,096 mSv und für die Altersgruppe der Erwachsenen (> 17 Jahre) 0,072 mSv.

9.4.5. Mechanische Einwirkungen

Unter den Bedingungen des Abbaus sind mechanische Einwirkungen in Verbindung mit Lastabstürzen möglich:

- der Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktivem Inventar,
- Lastabsturz beim Transport von Großkomponenten,
- das Herabstürzen von Lasten auf Behälter mit freisetzbarem radioaktivem Inventar.

Außerdem werden die weiteren mechanischen Einwirkungen:

- Handhabungsfehler bei der Demontage und Zerlegung der RDB-Einbauten,
- Ereignisse bei Transportvorgängen

analysiert.

Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktivem Inventar

Diese Lastabstürze können infolge der Einwirkung mechanischer Energie beim Aufschlag des Behälters zu einem Integritätsverlust, zur Beschädigung von Einrichtungen an der Absturzstelle sowie zur Verletzung von Personen führen. Abdeckend für den Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktivem Inventar innerhalb von Gebäuden wurde der Absturz eines Stahlblechcontainers sowie der Absturz eines Behälters mit Filterstäuben untersucht. Im ungünstigsten Fall ziehen Beschädigungen von Einrichtungen an der Absturzstelle Störungen oder Unterbrechungen von Abbauarbeiten nach sich. Dabei kann es infolge derartiger Lastabstürze infolge eines Integritätsverlusts des abgestürzten Behälters zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die umgebende Raumluft kommen.

Die Freisetzungsmenge an radioaktiven Stoffen hängt insbesondere von folgenden Faktoren ab:

- von der Absturzhöhe sowie der Beschaffenheit des Untergrunds in Relation zur mechanischen Robustheit des abstürzenden Behälters,
- von der Art der transportierten Stoffe sowie der Form ihrer Konditionierung und
- von der absoluten Menge des betroffenen Aktivitätsinventars sowie von seinem Nuklidvektor.

Darüber hinaus sind für das Ausmaß der radiologischen Folgen die Ausbreitungsbedingungen der freigesetzten radioaktiven Stoffe in der Umgebung der Absturzstelle von Bedeutung. An dieser Stelle wird generell auf den geplanten Einsatz von Filtermobilen zur Luftabsaugung sowie von Einhausungen der Orte mit potentiell höheren Aktivitätsfreisetzungen verwiesen, um eine Aktivitätsausbreitung innerhalb des Kontrollbereichs zu vermeiden. In die Raumluft freigesetzte radioaktive

Stoffe, die jedoch nicht durch diese örtlichen Einrichtungen zurückgehalten werden können (beispielsweise, wenn sich an der Absturzstelle kein solches Filtermobil befindet), werden durch die stationären Abluftanlagen und zu einem späteren Zeitpunkt durch die Ersatzlüftungsanlage aus dem Kontrollbereich abgesaugt und über den Fortluftkamin kontrolliert abgegeben.

Abdeckend für den Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktivem Inventar außerhalb von Gebäuden wurde der Absturz eines 20'-Containers unter verschiedenen Randbedingungen untersucht. Damit sind folgende Einwirkungen zu betrachten:

- Absturz eines 20'-Containers aus der maximal in Frage kommenden Höhe in ungünstigster Aufprallposition,
- Absturz eines 20'-Containers auf einen zweiten 20'-Container sowie
- Kollision beim Abstellen eines 20'-Containers auf der Lagerfläche mit einem bereits vorhandenen Gebindestapel.

Die auf Pufferlagerflächen auf dem Anlagengelände außerhalb von Gebäuden abgestellten 20' Container werden maximal dreilagig aufgestellt. Damit ergibt sich als höchste Absturzposition gegenüber der als unnachgiebig betrachteten Bodenplatte eine Höhe von ca. 6 m. Demgegenüber würde ein Container, der auf einen anderen Container auf der Lagerfläche fällt, aus einer Fallhöhe von ca. 3 m herabstürzen.

Da für die aufgestellten Container genormte Stapelhilfen zur Arretierung der Container in der mittleren und oberen Lage verwendet werden, führt eine Kollision eines Containers beim Abstellen mit einem bereits aufgestellten Gebindestapel nicht zum Umfallen des Stapels. Somit würde aus einer Kollision lediglich eine geringe Beschädigung des kollidierenden und des angestoßenen Containers durch den Anprall zu besorgen sein.

Lastabsturz beim Transport von Großkomponenten

Während der Stilllegung und des Abbaus werden auch Großkomponenten demontiert (z.B. Dampferzeuger, Druckhalter, Hauptkühlmittelpumpen). Zwei prinzipielle Verfahrensmöglichkeiten sind für die Demontage der Großkomponenten möglich:

- (Teil-)Zerlegung der Komponenten in Einbaulage (In-Situ-Zerlegung) und Abtransport,
- Ausbau der Komponenten als Ganzes und Transport zu einer Weiterbehandlung außerhalb des Sicherheitsbehälters.

Die Hebezeuge für den Transport schwerer Lasten (Reaktorgebäudekran und Halbportalkran außerhalb des Reaktorgebäudes) genügen den erhöhten Anforderungen nach KTA 3902 Abschn. 4.3 /9.2/. Das gilt ebenfalls für die Lastaufnahmemittel und die Anschlagpunkte an den schweren Lasten. Für die mit der Kernbrennstofffreiheit erreichte Abbauphase 1C kann aufgrund dann herabgesetzter Anforderungen an die Hebezeuge ein Lastabsturz von Großkomponenten nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Die radiologischen Folgen aus diesem Ereignis sind durch andere Lastabstürze dieser Ereignisgruppe abgedeckt.

Herabstürzen von Lasten auf Behälter mit freisetzbarem radioaktivem Inventar

Ein Absturz von Lasten auf Reststoff- und Abfallbehälter mit freisetzbarem radioaktivem Material kann nicht generell ausgeschlossen werden, da die verwendeten Hebezeuge, Lastanschlagmittel und Lastanschlagpunkte nicht über alle Lastketten hinweg den erhöhten Anforderungen nach KTA entsprechen. Durch administrative Maßnahmen wird vermieden, dass sich im Bereich schwebender Lasten Reststoff- und Abfallbehälter mit freisetzbarem radioaktivem Material in größerem Umfang befinden. Damit ist aber nicht ausgeschlossen, dass eine Last, beispielsweise eine schwere Einzelkomponente vom Kranhaken abstürzt und auf einen Abfallbehälter fällt. Damit könnten radioaktive Stoffe durch die Beschädigung des Abfallbehälters freigesetzt werden. Die radiologischen Folgen aus diesem Ereignis sind durch andere Lastabstürze dieser Ereignisgruppe abgedeckt.

Handhabungsfehler bei der Demontage und Zerlegung der RDB-Einbauten

Für die Transportvorgänge bei der Demontage der aktivierten RDB-Einbauten werden Hebezeuge, Anschlagmittel und Lastanschlagpunkte verwendet, die den dem Abbaufortschritt entsprechenden Anforderungen des KTA genügen. Das gilt auch für Handhabungen von Gebinden mit Sekundärabfällen, die bei der Zerlegung der aktivierten RDB-Einbauten entstehen.

Nicht ausgeschlossen sind Handhabungsfehler, in deren Folge beispielsweise Leckagen an der Auskleidung des Nasszerlegebereichs entstehen. Ebenso wird nicht ausgeschlossen, dass kleinere, sperrige Teile nicht sachgemäß in Einsatzkörben verstaut werden und beim Transport aus dem RDB zum Zerlegebereich herausfallen könnten und dabei die Auskleidung des Nasszerlegebereichs beschädigen. Die potenziellen Ereignisfolgen sind durch die Anlagenauslegung abgedeckt (siehe 9.4.2 "Leck im Nasszerlegebereich").

Ereignisse bei Transportvorgängen

Bei Transportvorgängen von beladenen Reststoff- und endlagerfähigen Abfallgebinden über das Anlagengelände der Anlage KKG werden Sicherheitsmaßnahmen zur Begrenzung der Strahlenex-

position eingehalten. Auf dem Anlagengelände des KKG gilt eine allgemeine Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h. Bei Schwerlasttransporten wird der Transportweg bei radiologischem Erfordernis zudem abgesperrt.

Werden Reststoffe und radioaktive Abfälle auf dem Anlagengelände transportiert, um sie auf Pufferlagerflächen abzustellen, werden dazu Anforderungen, die sich an der Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter (GGVSEB) /6.1/ orientieren, eingehalten. Die radioaktiven Abfälle und Reststoffe werden dann in zugelassenen 20'-Containern oder in Form endlagerfähiger Abfallgebinde verpackt transportiert. Auswirkungen auf die transportierten beladenen Reststoff- und endlagerfähigen Abfallgebinde infolge eines Verkehrsunfalls sind somit begrenzt.

Reststoffe und radioaktive Abfälle, die nur zur weiteren Behandlung zwischen den unterschiedlichen Gebäuden des Kontrollbereichs über das Anlagengelände transportiert werden, unterliegen keinen Anforderungen nach GGVSEB /6.1/. Dafür gelten betriebsbewährte Regelungen zur Begrenzung der Strahlenexposition bei deren Handhabung. Bei nicht gänzlich ausschließbaren Verkehrsunfällen während des Transportes sind damit Freisetzungen mit radiologisch relevanten Folgen in jedem Fall ausgeschlossen.

Radiologische Bewertung

Als repräsentativ für die radiologischen Auswirkungen mechanischer Einwirkungen werden die Ereignisse:

- Absturz eines Behälters mit Filterstäuben,
- Absturz eines Stahlblechcontainers,
- Absturz eines 20'-Containers auf einer Pufferlagerfläche

betrachtet.

Das radiologisch abdeckende Ereignis ist dabei der Absturz eines Stahlblechcontainers. Die maximale effektive Dosis für die am stärksten belastete Altersgruppe der Säuglinge (<1 Jahr) am ungünstigsten Aufpunkt in einer Entfernung von 180 m (Entfernung zum Anlagenzaun) beträgt 0,019 mSv und für die Altersgruppe der Erwachsenen (>17 Jahre) 0,014 mSv.

Für das Ereignis Absturz eines Behälters mit Filterstäuben wird die maximale effektive Dosis am ungünstigsten Aufpunkt in einer Entfernung von 180 m (Entfernung zum Anlagenzaun) ermittelt

und beträgt 0,0022 mSv für die am stärksten belastete Altersgruppe der Säuglinge (<1 Jahr) und 0,0016 mSv für die Altersgruppe der Erwachsenen (>17 Jahre).

Für das Ereignis Absturz eines 20'-Containers auf einer Pufferlagerfläche wird die maximale effektive Dosis am ungünstigsten Aufpunkt in einer Entfernung von 50 m (Entfernung zum Anlagenzaun) ermittelt und beträgt 0,005 mSv für die am stärksten belastete Altersgruppe der Säuglinge (<1 Jahr) und 0,0037 mSv für die Altersgruppe der Erwachsenen (>17 Jahre).

9.4.6. Chemische Einwirkungen

Chemische Einwirkungen sind in den betrachteten Abschnitten der Abbauphase 1 durch den Einsatz von chemischen Substanzen zur Dekontamination von Anlagenteilen oder Systemen möglich. Zur Reduzierung der Strahlenexposition des mit dem Abbau beauftragten Personals kann eine Dekontamination in einer Vielzahl von Fällen erforderlich werden. Grundlage hierfür sind die durchzuführenden Untersuchungen zur radiologischen Charakterisierung der abzubauenen Anlagenteile. Radiologische Folgen durch ein Leck bei der Dekontamination dieser Anlagenteile oder Systeme werden weitgehend ausgeschlossen. Es handelt sich hierbei um die kurzzeitigen Einwirkungen chemischer Substanzen, welche das ausführende Personal ständig kontrolliert. Im Übrigen sind Menge und Aktivitätskonzentration auslaufender Dekontaminationsmedien bei einem Leck geringer, als ausgelaufenes Verdampferkonzentrat bei einem Leck am Abwasserverdampferbehälter. Ereignisse dieser Ereignisgruppe sind bereits abgedeckt durch das radiologisch abdeckende Ereignis der Ereignisgruppe „Anlageninterne Leckagen von Behältern und Überflutung“.

9.4.7. Elektromagnetische Einwirkungen

Elektromagnetische Einwirkungen haben im Restbetrieb des KKG keine Auswirkungen auf die Sicherheit, da hinsichtlich möglicher elektromagnetischer Einwirkungen sensible sicherheitstechnisch wichtige leittechnische Komponenten, die im Leistungsbetrieb für die Verhinderung von Ereignissen und die Ereignisbeherrschung benötigt wurden, im Restbetrieb nicht mehr benötigt werden.

9.5. Einwirkungen von außen

9.5.1. Naturbedingte Einwirkungen

Die naturbedingten Einwirkungen:

- Sturm, Regen, Starkregen, Schneefall, Schneelasten, Frost und außergewöhnliche Hitzeperioden,
- Blitzschlag,
- Hochwasser

werden durch die vorhandene Gebäudeauslegung beherrscht und können aufgrund getroffener Vorsorge von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden. Ein Erdbeben kann für den Standort ausgeschlossen werden.

Biologische Einwirkungen auf die Anlage im Restbetrieb werden durch die Überwachung des Druckverlusts über die Siebe im Einlaufbauwerk bemerkt. Durch die Reinigung der Siebe werden die Auswirkungen beseitigt.

Waldbrände haben aufgrund der räumlichen Entfernung keine Auswirkung auf die Anlage.

Erdbeben

Bemessungserdbeben am Standort sind bereits im Genehmigungsverfahren für Errichtung und Betrieb der Anlage abgedeckt. Bei einem Erdbeben mit postulierten Folgeschäden sind Aktivitätsfreisetzungen durch den Verlust der Integrität von Systemen und Bauwerken, die für ein Erdbeben nicht ausgelegt wurden, nicht auszuschließen. Ereignisverlauf sowie potentielle Ereignisfolgen hängen wesentlich von dem Zeitpunkt während Stilllegung und Abbau ab, an dem dieses Ereignis auftritt. Abdeckend ist ein Erdbeben in Abbauphase 1A, da in diesem Zeitraum im Vergleich zu den übrigen Abbauphasen zusätzlich die Kühlung der BE im BE-Lagerbecken abzusichern ist. Eine Freisetzung von Aktivität aus den BE im BE-Lagerbecken als Folge eines Erdbebens ist nicht zu besorgen, da die zu deren Kühlung bzw. zur Abfuhr der im BE-Lagerbecken anfallenden Nachzerfallswärme notwendigen technischen und baulichen Einrichtungen gegen ein Bemessungserdbeben ausgelegt sind und weiterhin funktionsfähig bleiben.

Ein Bemessungserdbeben hat auf dreilagig aufgestapelte, mit den dafür vorgesehenen technischen Mitteln vor einem Herunterrutschen oder Umfallen eines solchen Stapels gesicherte gefüllte 20‘-

Container keine Auswirkungen. Die Containerstapel würden stehen bleiben, ein Herabfallen von Containern aus der oberen oder mittleren Lage ist nicht zu besorgen.

Bei einem Erdbeben kann es zur Beschädigung von zeitweilig in der Anlage eingebrachter Zerlegetechnik kommen, da diese Einrichtungen nicht durchgängig gegen die Zusatzlasten eines Bemessungserdbebens ausgelegt sein werden. Ein Umstürzen oder eine Zerstörung solcher Einrichtungen kann zu einer geringfügigen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Raumluft des Kontrollbereichs führen. Durch die Auslegung der Anlage sind potenzielle radiologische Folgen durch Ereignisse anderer Ereignisgruppen (bspw. „Mechanische Einwirkungen“) abgedeckt. Sinngemäß gilt diese Aussage auch für nachträglich in der Anlage installierte Ersatzsysteme.

Als Folge eines Erdbebens kann es zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe aufgrund des Versagens des Abwasserverdampfers kommen.

Eine radiologische Bewertung des Ereignisses Erdbeben mit dem „Versagen des Abwasserverdampfers in der Abwasseraufbereitung“ als Erdbebenfolge wurde im Rahmen des bisherigen Betriebs der Anlage durchgeführt. Demgemäß beträgt die maximale effektive Dosis am ungünstigsten Aufpunkt für die am stärksten belastete Altersgruppe der Säuglinge (<1 Jahr) 0,27 mSv und 0,19 mSv für die Altersgruppe der Erwachsenen (> 17 Jahre). Das potentiell betroffene Aktivitätsinventar während Stilllegung und Abbau des KKG ist geringer. Die radiologische Bewertung ist daher für Stilllegung und Abbau des KKG abdeckend.

9.5.2. Zivilisatorische Einwirkungen

Flugzeugabsturz

Die Gebäude, in denen sich die für die Einhaltung der Schutzziele erforderlichen Systeme und Anlagenteile befinden, sind gegen einen Flugzeugabsturz bzw. gegen die Folgen eines Flugzeugabsturzes durch bauliche Maßnahmen ausgelegt.

Der Flugzeugabsturz auf sicherheitstechnisch relevante Gebäude als sehr seltenes Ereignis ist hinsichtlich Ereignisablauf und erforderlichem Systemumfang zur Ereignisfolgenminimierung durch die Betrachtungen im Rahmen der Betriebsgenehmigung abgedeckt und dort als radiologisch nicht relevant bewertet.

Ein Flugzeugabsturz auf Pufferlagerflächen ist dem Restrisiko zuzuordnen und wurde unter konservativen Randbedingungen radiologisch bewertet. Es ergibt sich über eine Integrationszeit von 1 Jahr

in 1000 m Entfernung eine zu erwartende effektive Dosis von 0,0026 mSv für einen Säugling (< 1 Jahr) und 0,0018 mSv für einen Erwachsenen (> 17 Jahre).

Anlagenexterne Explosionen

Die Gebäude, in denen sich die für die Einhaltung der Schutzziele erforderlichen Systeme und Anlagenteile befinden, sind gegen die Einwirkungen einer Druckwelle aus chemischen Explosionen, hervorgerufen durch einen schnellen Verbrennungsvorgang einer Gaswolke, ausgelegt. Die Gebäudeöffnungen (Türen, Lüftungsöffnungen) der gegen Druckwellen aus chemischen Explosionen geschützten Gebäude sind so ausgelegt, dass sie ein Eindringen der Druckwelle verhindern. Zivilisatorisch bedingte Druckwellen aus chemischen Explosionen als sehr seltenes Ereignis sind hinsichtlich Ereignisablauf und erforderlichem Systemumfang zur Ereignisfolgenminimierung im Genehmigungsverfahren für Errichtung und Betrieb der Anlage abgedeckt.

Die Auswirkungen einer Explosionsdruckwelle auf die auf der Pufferlagerfläche gestapelten 20' Container werden durch das Ereignis Flugzeugabsturz abgedeckt, da es aufgrund fehlender thermischer Belastungen zu einer vergleichsweise geringen Freisetzung selbst bei einer größeren Anzahl betroffener Container kommt.

Einwirkungen gefährlicher Stoffe

Das Ansaugen gefährlicher Stoffe (explosionsgefährliche und giftige Gase) über die Zuluftanlage wird durch entsprechende Detektions- und Schaltmaßnahmen verhindert bzw. die Folgen werden aufgrund der Auslegung gegen den Flugzeugabsturz beherrscht. Im KKG ist weiterhin das Gaswarnsystem MN installiert. Durch dieses System werden explosive Gasgemische auf dem Anlagen Gelände erkannt. Bei Gaswarnung werden die Lüftungsöffnungen zum Kontrollbereich sowie zum Notspeise- und Schaltanlagegebäude entweder automatisch oder manuell geschlossen und damit der weitere Zufluss explosiver Gasgemische verhindert. Die Arbeiten werden bei derartigen Einwirkungen sofort eingestellt. Eine Einwirkung giftiger oder explosionsgefährlicher Stoffe (insbesondere Gase) als sehr seltenes Ereignis ist hinsichtlich Ereignisablauf und erforderlichem Systemumfang zur Ereignisfolgenminimierung im Genehmigungsverfahren für Errichtung und Betrieb der Anlage abgedeckt.

Gegenseitige Beeinflussung von anderen Anlagen am Standort

Am Anlagenstandort befindet sich als weitere kerntechnische Anlage ein standortnahes Zwischenlager für bestrahlte BE, das KKG-BELLA. Es ist geplant, bei Bedarf die Bereitstellungshalle BeHa KKG in der Nähe des KKG-BELLA zu errichten (vgl. Abbildung 7.1).

Eine gegenseitige Beeinflussung dieser Anlagen mit der in Stilllegung und Abbau befindlichen Anlage des KKG hinsichtlich möglicher Einwirkungen auf die eingeschlossenen radioaktiven Stoffe ist durch die Abstände, die vorhandenen baulichen Umschließungen und administrative Maßnahmen ausgeschlossen.

9.6. Zusammenfassung

Bei keinem der für die Stilllegung und den Abbau des KKG betrachteten möglichen Ereignisabläufe sind Strahlenexpositionen in der Umgebung zu erwarten, die den festgelegten Grenzwert für die Störfallexposition nach § 50 i.V. mit § 117 Abs. 16 StrlSchV von 50 mSv auch nur annähernd erreichen. Als radiologisch abdeckendes Ereignis wurde der Brand eines Filtermobils identifiziert. Tabelle 9-1 fasst die ermittelten, maximalen effektiven Dosen für die radiologisch relevanten Ereignisse zusammen.

Tabelle 9-1: Zusammenfassung der radiologisch relevanten Ereignisse

Ereignis	Maximale effektive Dosis [mSv]	
	Säugling (< 1 Jahr)	Erwachsener (> 17 Jahre)
BE-Handhabungsstörfall	0,0055	0,003
Versagen des Abwasserverdampfers in der Abwasseraufbereitung	0,08	0,064
Brand von brennbarem Mischabfall	0,096	0,072
Brand Filtermobil	0,280	0,200
Absturz eines Behälters mit Filterstäuben	0,0022	0,0016
Absturz eines Stahlblechcontainers	0,019	0,014
Absturz eines 20'-Containers auf einer Pufferlagerfläche	0,005	0,0037
Erdbeben mit dem Versagen des Abwasserverdampfers in der Abwasseraufbereitung als Erdbebenfolge	0,27	0,19
Flugzeugabsturz auf eine Pufferlagerfläche	0,0026	0,0018

10. Auswirkungen auf die in § 1a AtVfV genannten Schutzgüter

Für die insgesamt geplanten Maßnahmen zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen des KKG ist gemäß Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), Anlage 1 Nr. 11, bzw. AtG und AtVfV eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) erforderlich. Die UVP umfasst nach § 1a AtVfV die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der für die Prüfung der Zulassungsvoraussetzungen bedeutsamen Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgüter:

- Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit,
- Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt,
- Boden,
- Wasser,
- Luft,
- Klima und Landschaft,
- Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie
- die Wechselwirkungen zwischen den vorgenannten Schutzgütern.

Grundlage der Umweltverträglichkeitsprüfung ist die Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU), die im Auftrag der EKK durchgeführt wurde. Sie enthält insbesondere eine detaillierte Beschreibung der Auswirkungen der insgesamt geplanten Maßnahmen zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen des KKG auf die oben genannten Schutzgüter einschließlich ihrer Wechselwirkungen untereinander. Die UVU wird im Rahmen des Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahrens mit ausgelegt.

Die Ergebnisse der UVU zeigen, dass erhebliche nachteilige Auswirkungen bzw. bedeutsame Beeinträchtigungen aus den insgesamt geplanten Maßnahmen zur Stilllegung und zum Abbau des KKG auf die Schutzgüter Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie Wechselwirkungen zwischen allen Schutzgütern nicht zu erwarten sind. Eingriffe in Natur und Landschaft, in die Schutzgüter Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt sowie Boden werden durch geeignete Maßnahmen vermieden bzw. kompensiert.

Die von § 3 Abs. 1 Nr. 1f AtVfV geforderte Beschreibung der Auswirkungen der dargestellten Direktstrahlung und Abgabe radioaktiver Stoffe auf die in § 1a AtVfV genannten Schutzgüter erfolgt abdeckend durch die Betrachtung hinsichtlich der potentiellen Strahlenexpositionen auf den Menschen in den entsprechenden Kapiteln. Wechselwirkungen mit sonstigen Stoffen sind ausgeschlossen.

11. Begriffsbestimmungen

Abfall, konventionell	Nicht radioaktive Stoffe, die nach den Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes einer Verwertung oder Beseitigung zugeführt werden (§ 3 Abs. 1 KrWG).
Abfall, radioaktiv	Radioaktive Stoffe, die nach § 9a AtG geordnet beseitigt werden müssen (§ 3 Abs. 2 Nr.1 Buchst. a) StrlSchV).
Abfallart	Art des anfallenden radioaktiven Abfalls, benannt gemäß StrlSchV Anlage X Teil A.
Abfallprodukt	Behandelter radioaktiver Abfall.
Ableitung	Abgabe flüssiger, aerosolgebundener oder gasförmiger radioaktiver Stoffe aus dem KKG auf hierfür vorgesehenen Wegen.
Abluft	Aus einem Raum auf dem dafür vorgesehenen Weg abgeführte Luft.
Abwasser	Aus einem Kontrollbereich auf dem dafür vorgesehenen Weg abgegebenes Wasser.
Aerosole (radioaktiv)	Fein in der Luft verteilte feste und / oder flüssige Schwebstoffe.
Aktivierung	Vorgang, bei dem ein Material durch Beschuss mit Neutronen, Protonen oder anderen Teilchen radioaktiv wird.
Aktivität	Zahl der je Sekunde in einer radioaktiven Substanz zerfallenden Atomkerne. Die Maßeinheit ist das Becquerel (Bq).
Aktivität, spezifische	Aktivität pro Masseneinheit.
Aktivitätskonzentration	Aktivität pro Volumeneinheit.
Aktivitätsrückhaltung	Einschluss des radioaktiven Inventars.

ALARA Prinzip	Das ALARA-Prinzip (as low as reasonably achievable) fordert, beim Umgang mit ionisierender Strahlung jede Strahlenexposition oder Kontamination von Menschen und Umwelt unter Beachtung des Stands von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb von Grenzwerten so gering wie möglich zu halten.
Anlagengelände	siehe Betriebsgelände
Anlagenteile	Bauliche, maschinen- und elektrotechnische Teile der Anlage.
Äquivalentdosis	Das Produkt aus der Energiedosis (absorbierte Dosis) und dem Qualitätsfaktor. Der Qualitätsfaktor berücksichtigt die unterschiedliche biologische Wirksamkeit verschiedener Strahlungsarten. Beim Vorliegen mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die gesamte Äquivalentdosis die Summe der ermittelten Einzelbeiträge. Die Maßeinheit ist das Sievert (Sv).
Äquivalentdosisleistung	Äquivalentdosis pro Zeiteinheit (z.B. mSv/h).
Becquerel	Einheit der Aktivität eines Radionuklids; benannt nach dem Entdecker der Radioaktivität, Henri Becquerel. Die Aktivität beträgt 1 Becquerel (Bq), wenn von der vorliegenden Menge eines Radionuklids 1 Atomkern pro Sekunde zerfällt.
Betriebsabfälle, radioaktive	Radioaktive Abfälle, die beim Leistungs-, Nach- und Restbetrieb des Kernkraftwerks anfallen.
Betriebsgelände	Grundstück, auf dem sich Anlagen befinden. Der Zugang und die Aufenthaltsdauer von Personen kann durch den Strahlenschutzverantwortlichen oder in dessen Auftrag durch den Strahlenschutzbeauftragten beschränkt werden.
Betriebshandbuch	Regelungen / Anweisungen für das Personal für den Restbetrieb und den Abbau von Anlagenteilen einschließlich der Betriebsordnungen.

Brandabschnitt	Bereich von Gebäuden, dessen Umfassungsbauteile (Wände, Decken, Abschlüsse von Öffnungen, Abschottungen von Durchbrüchen, Fugen) so widerstandsfähig sind, dass eine Brandausbreitung auf andere Gebäude oder Gebäudeteile verhindert wird.
Bundesendlager	Anlage des Bundes, in der radioaktive Abfälle wartungsfrei, zeitlich unbefristet und sicher geordnet beseitigt werden.
Deionat	Deionisiertes, vollentsalztes Wasser.
Dekontamination	Beseitigung oder Verminderung einer Kontamination.
Demontage	Spezifizierter Ausbau von Anlagenteilen oder der Abbruch/das Entfernen von Baustrukturen im Rahmen des Abbaus.
Dosimeter	Messgerät zur Bestimmung der Dosis.
Dosis, effektive	Summe der gewichteten Organdosen in Geweben oder Organen des Körpers durch äußere oder innere Strahlenexposition.
Dosisleistung	Quotient aus Dosis und Zeit; wird im Strahlenschutz z.B. in Millisievert je Stunde (mSv/h) angegeben.
Einhausung	Begrenzung eines Raumbereichs zur Verhinderung der Ausbreitung radioaktiver Aerosole, z.B. durch ein Zelt.
Fortluft	In das Freie abgeführte Abluft.
Freigabe	Verwaltungsakt, der die Entlassung von radioaktiver Stoffen sowie von beweglichen Gegenständen, von Gebäuden, Bodenflächen, Anlagen oder Anlagenteilen, die aktiviert oder mit radioaktiven Stoffen kontaminiert sind, aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung bewirkt und deren Verwendung, Verwertung, Beseitigung, Innehaben oder Weitergabe an Dritte als nicht radioaktive Stoffe zulässt.
Freigabewert	Wert der massen- oder flächenspezifischen Aktivität, bei dessen Unterschreitung eine Freigabe gemäß § 29 StrlSchV zulässig ist. Werte für verschiedene Freigabeoptionen sind in Tabelle 1 Anlage III StrlSchV tabelliert.

Freigabemessung	Aktivitätsmessung, deren Ergebnis durch Vergleich mit den vorgegebenen Freigabewerten eine Entscheidung über die Freigabe des Materials ermöglicht.
Freisetzung radioaktiver Stoffe	Entweichen radioaktiver Stoffe aus den vorgesehenen Umschließungen in die Anlage oder in die Umgebung auf nicht dafür vorgesehenen Wegen.
Gammaspektrometrische Messung	Nuklidspezifische Aktivitätsbestimmung gammaemittierender Radionuklide.
Halbwertszeit	Die Zeit, in der die Hälfte der Kerne in einer Menge eines Radionuklids zerfällt.
Ionisieren	Heraustrennung eines oder mehrerer Elektronen aus einem Atom oder Molekül.
Industriestandard	Basis eines Industriestandards sind die in Normen (z.B. DIN-Normen, VDI-Richtlinien, VDE-Vorschriften, Regelungen der Berufsgenossenschaften) festgelegten grundsätzlichen technischen und sonstigen Anforderungen.
Ingestion	Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Nahrungsmittel und Trinkwasser.
Inhalation	Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Einatmen.
Inkorporation	Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den menschlichen Körper.
In-situ-Gammaspektrometrie	Direktes Messverfahren zur nuklidspezifischen Aktivitätsbestimmung gammaemittierender Radionuklide mit einem mobilen Detektor. Der Detektor wird bei diesem Messverfahren zum Messobjekt gebracht.
Kompaktieren	Zusammenpressen von festem radioaktivem Abfall zu Presslingen.
Konditionierung	Herstellung von Abfallgebinden durch Behandlung von radioaktiven Abfällen und deren Einbringung in einen Abfallbehälter. Ein Abfallgebinde ist die Einheit aus Abfallprodukt und Abfallbehälter.

Kontamination	Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen.
Kollektivdosis	Produkt aus der Anzahl der Personen der exponierten Bevölkerungsgruppe und der mittleren Dosis pro Person.
Kontrollbereich	Zutrittsbeschränkter Strahlenschutzbereich nach § 36 Abs. 1 S. 2 Nr. 2 StrlSchV, der von Personen nur betreten werden darf, wenn sie zur Durchführung oder Aufrechterhaltung der darin vorgesehenen Betriebsvorgänge tätig werden müssen.
Kontrollbereich, temporär	Bereich innerhalb des Überwachungsbereichs, in dem Kriterien zur Einrichtung von Kontrollbereichen – nicht ständig, sondern nur bei Bedarf – aufgrund erhöhter Dosisleistung gegeben sind.
Kritikalität	Anordnung spaltbarer Stoffe, in der eine sich selbst erhaltende Kettenreaktion abläuft (Gegenteil ist Unterkritikalität).
MOSAIK-Behälter	Abschirmbehälter zur Verpackung, Transport und Lagerung von radioaktivem Abfall.
Nachbetriebsphase	Zeitraum zwischen der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität bis zur Inanspruchnahme der ersten vollziehbaren Genehmigung nach § 7 Abs. 3 AtG.
Nachzerfallsleistung	Thermische Leistung der bestrahlten Brennelemente in Abhängigkeit der Abklingzeit.
Nachzerfallswärme	Durch den Zerfall radioaktiver Spaltprodukte in einem Brennelement nach Abschalten des Reaktors weiterhin entstehende Wärme.
Nichtleistungsbetrieb	Solange die Stilllegungsplanung unter dem Vorbehalt des Ausgangs der anhängigen Verfassungsbeschwerde gegen die 13. AtG Novelle steht, befindet sich die Anlage in dieser Phase im Nichtleistungsbetrieb.
Nuklid	Ein durch seine Protonenzahl, Neutronenzahl und seinen Energiezustand charakterisierter Atomkern.
Nuklidvektor	Relative Anteile einzelner Radionuklide an der Gesamtaktivität eines Stoffs.

Organdosis	Produkt aus der mittleren Energiedosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil und dem Strahlungswichtungsfaktor gemäß StrlSchV.
Ortsdosis	Äquivalentdosis, die an einem bestimmten Ort gemessen wird.
Ortsdosisleistung	In einem bestimmten Zeitintervall erzeugte Ortsdosis dividiert durch die Länge des Zeitintervalls.
Personendosis	Äquivalentdosis, gemessen an einer für die Strahlenexposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche (StrlSchV).
Radioaktivität	Eigenschaft bestimmter Stoffe, sich ohne äußere Einwirkung umzuwandeln und dabei eine charakteristische Strahlung auszusenden.
Radionuklid	Instabiles Nuklid, das spontan ohne äußere Einwirkung unter Strahlungsemission zerfällt.
Radioaktivitätsinventar	Summe der gesamten Radioaktivität. In einem Kernkraftwerk setzt sich das Radioaktivitätsinventar zusammen aus: Aktivierungsprodukten, Spaltprodukten, Kernbrennstoff.
Restfreiräumen	Entfernung der Anlagenteile, Systeme und Komponenten sowie die komplette Infrastruktur aus einem Raum.
Reststoffe	<p>Reststoffe sind radioaktive Stoffe, ausgebaute oder abgebaute radioaktive Anlagenteile, Gebäudeteile (Bauschutt) und aufgenommener Boden, sowie bewegliche Gegenstände, die kontaminiert oder aktiviert sind, bei denen der Verwertungs- bzw. Entsorgungsweg noch nicht entschieden ist, bis zur Feststellung, dass er dem radioaktiven Abfall zu zuordnen ist. Der Reststoff in diesem Sinne kann</p> <ul style="list-style-type: none"> • in der eigenen oder einer anderen Anlage verwertet werden, wobei radioaktive Abfälle anfallen können, oder • sofort oder nach Abklinglagerung nach § 29 StrlSchV freigegeben werden.
Sievert	Physikalische Einheit für die Äquivalentdosis (Sv).
Störfallexposition	Einwirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper durch ein Ereignis bzw. Ereignisablauf.

Sperrbereich	Zum Kontrollbereich gehörende Bereiche, in denen die Ortsdosisleistung höher als 3 mSv/h sein kann.
Stillsetzung	Dauerhafte Außerbetriebnahme von Systemen, Anlagenteilen und Komponenten.
Strahlenexposition	Einwirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper.
Strahlenschutzbeauftragter	Fachkundiger Betriebsangehöriger, der vom Strahlenschutzverantwortlichen (§ 31 Abs. 1 StrlSchV) unter schriftlicher Festlegung der Aufgaben, Befugnisse und innerbetrieblichen Entscheidungsbereiche nach § 31 Abs. 2 StrlSchV schriftlich bestellt ist.
Strahlenschutzbereiche	Betriebliche Bereiche gemäß § 36 StrlSchV: Überwachungsbereich, Kontrollbereich und Sperrbereich, letzterer als Teil des Kontrollbereichs.
Strahlung, radioaktive	Es wird unterschieden zwischen Gammastrahlung und Teilchen-, wie z.B. Alpha-, Beta- oder Neutronenstrahlung.
System	Zusammenfassung von Komponenten zu einer technischen Einrichtung, die als Teil der Anlage selbstständige Funktionen ausführt.
Überwachungsbereich	Zutrittsbeschränkter Strahlenschutzbereich nach § 36 Abs. 1 S. 2 Nr. 1 StrlSchV, der von Personen nur betreten werden darf, wenn sie darin eine dem Betrieb dienende Aufgabe wahrnehmen oder sie Besucher sind.
Umgebungsüberwachung	Messungen in der Umgebung der Anlage zur Beurteilung der aus Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft und Wasser resultierenden Strahlenexposition sowie zur Kontrolle der Einhaltung maximal zulässiger Ableitungen und der Dosisgrenzwerte.
Unterkritikalität	Zustand, in dem durch Kernspaltung weniger Neutronen erzeugt werden, als durch Absorption und Leckage verschwinden, d.h. die Anzahl der Kernspaltungen sinkt kontinuierlich.
Vorsorgemaßnahme	Maßnahme und Einrichtung, bei deren Vorhandensein der Eintritt eines Ereignisses als so unwahrscheinlich nachgewiesen ist, dass er nicht unterstellt zu werden braucht.

Wiederkehrende Prüfungen Prüfungen, die aufgrund von Rechtsvorschriften, Auflagen der zuständigen Behörden oder aufgrund anderweitiger Festlegungen im Allgemeinen in regelmäßigen Zeitabständen oder aufgrund bestimmter Ereignisse durchgeführt werden.

12. Quellenverzeichnis

Kapitel 1: Das Vorhaben im Überblick

- /1.1/ Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010)
- /1.2/ Atomgesetz (AtG), Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren, i.d.F. der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. November 2015 (BGBl. I S. 2053)
- /1.3/ Atomrechtliche Verfahrensverordnung (AtVfV), i.d.F. der Bekanntmachung vom 3. Februar 1995 (BGBl. I S.180), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2819)

Kapitel 2: Standort

Kapitel 3: Das KKG

Kapitel 4: Arbeitsbereiche, Verfahren, Abbaueinrichtungen

Kapitel 5: Der Abbau des KKG

- /5.1/ Kreislaufwirtschaftsgesetz, Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen, vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), zuletzt geändert durch Artikel 1a des Gesetzes vom 20. November 2015 (BGBl. I S. 2071)

Kapitel 6: Reststoffmanagement

- /6.1/ GGVSEB, Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. März 2015 (BGBl. I S. 366), zuletzt geändert durch Artikel 489 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist
- /6.2/ Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle, vom 19. November 2008 (BANz. 2008, Nr. 197, S. 4777)

Kapitel 7: Strahlenschutz

- /7.1/ Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) vom 7. Dezember 2005 (GMBI. 2006, Nr. 14-17, S. 254)

Kapitel 8: Organisation und Betrieb

- /8.1/ KTA 1401, Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung, Fassung 2013-11
- /8.2/ DIN EN ISO 9001, Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem (QM-System), Stand 2015-09
- /8.3/ KTA 1202, „Anforderungen an das Prüfhandbuch“, Fassung 2009-11
- /8.4/ KTA 1402, Integriertes Managementsystem zum sicheren Betrieb von Kernkraftwerken, Fassung 2012-11

Kapitel 9: Ereignisanalyse

- /9.1/ ESK-Leitlinie für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, revidierte Fassung vom 10.06.2013
- /9.2/ KTA 3902, Sicherheitstechnische Regel des KTA 3902, Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken, Fassung 2012-11

13. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Vorgesehener genehmigungstechnischer Ablauf der Stilllegung KKG.....	9
Abbildung 2.1:	Lageplan des Standorts Grafenrheinfeld mit 10 km-Umkreis	18
Abbildung 2.2:	Übersichtplan des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld.....	19
Abbildung 2.3:	Straßenverkehrsnetz in der Nähe des KKG.....	22
Abbildung 2.4:	Sektorenweise Darstellung der Windrichtungshäufigkeit, basierend auf den Messdaten von 2010 bis 2014	23
Abbildung 2.5:	Karte der Erdbebenepizentren um den Standort des KKG (Quelle Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).....	25
Abbildung 3.1:	Ansicht des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld	27
Abbildung 3.2:	Funktionsprinzip eines Druckwasserreaktors.....	28
Abbildung 3.3:	Prinzipieller Aufbau der Systeme im Reaktorgebäude	30
Abbildung 3.4:	Lageplan des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld	32
Abbildung 3.5:	Vereinfachter Querschnitt durch das Maschinenhaus.....	34
Abbildung 3.6:	Prinzipdarstellung der Aufbereitung radioaktiver Abwässer	43
Abbildung 3.7:	Anordnung der Becken.....	45
Abbildung 5.1:	Reaktordruckbehälter mit Kerneinbauten	72
Abbildung 5.2:	Schematische Darstellung eines Dampferzeugers.....	75
Abbildung 5.3:	Unterteilung des RDB in endlagergerechte Einzelsegmente (Beispiel).....	80
Abbildung 5.4:	RDB in Einbaulage mit Biologischem Schild.....	81
Abbildung 6.1:	Materialaufkommen und Verwertung der Kontrollbereichsmassen	84

Abbildung 6.2:	Schematisierte Darstellung der Unterteilung und Behandlungsmöglichkeiten der radioaktiven Abfälle.....	90
Abbildung 7.1:	Überwachungs- und Kontrollbereiche.....	94

14. Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Verzeichnis aller Gemeinden, die sich ganz oder teilweise im 10 km-Umkreis befinden mit Einwohnerzahl (Stand 31.12.2014).....	20
Tabelle 9-1:	Zusammenfassung der radiologisch relevanten Ereignisse.....	131